

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Posouzení sesuvu svahu odřezu na silnici R 48 u města Příbor

Assessment of Landslide Slope on the road R 48 near
the Town Příbor

Student: Bc. Stanislav Římský
Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Hruběšová Eva, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Stanislav Římský**
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **3607T035 Geotechnika**
Téma: **Posouzení sesuvu svahu odřezu na silnici R 48 u města Příbor**
Assessment of Landslide Slope on the Road R 48 near the Town Příbor

Zásady pro vypracování:

1. Geologické a hydrogeologické poměry posuzované lokality
2. Analýza stávajícího stavu sesuvného území, včetně numerického modelu
3. Návrh variantních sanačních opatření
4. Modelová analýza navržených sanačních variant
5. Porovnání jednotlivých sanačních variant
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Hulla, J., Turček, P. *Zakladanie stavieb*. Jaga: Bratislava, 1998. ISBN 80-88905-05-2.
2. Vaníček, I., Vaníček M. *Earth Structures*. Kluwer Academic Publisher Group. ISBN 9781402039638.
3. Coduto, D. *Geotechnical Engineering*. Prentice Hall: New Jersey, 1999. ISBN 0-13-576380-0.
4. Rozsypal, A. *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*. Jaga: Bratislava, 2001. ISBN 80-88905-44-3.
5. Brinkgreve, R.B.J. *Manual Plaxis*. Balkema. ISBN 90 5809 508 8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.**

Datum zadání: 29.02.2012

Datum odevzdání: 30.11.2012


doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Darja Kubečková Skulinová, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

Podpis studenta

Anotace

Diplomová práce řeší sesuv odřezu na silnici R 48 u města Příbor s cílem analyzovat stabilitní situaci a navrhnout sanační opatření k zajištění tohoto odřezu. Celá situace je modelována ve výpočtovém softwaru, rovněž sanační opatření jsou řešena tímto způsobem. V úvodu jsou popsány geologické a hydrogeologické poměry. Dále je vytvořen model a zpřesněn pomocí inverzní analýzy. Pro stabilizaci odřezu jsou navržena sanační opatření a ty jsou v další fázi namodelovány ve výpočtovém programu. Sanační opatření jsou následně zhodnocena a je vybráno nejefektivnější opatření. V závěru je pak celý proces shrnut a vyhodnocen.

Klíčová slova: Sesuv, stupeň stability, stabilita, inverzní analýza, sanace sesuvu, Plaxis

Abstract

The diploma thesis solves landslide of slope on the road R48 near the town Příbor, the aim is to analyse stability of this situation and design of rehabilitation solutions to stabilize this slope. The whole situation is modelled by computational software, design of rehabilitation solutions are also solved by this procedure. In the introduction geologic and hydro geologic conditions are described. Then the model was made and by application of inverse analyse became more accurate. To stabilize landslide rehabilitation solutions were designed and in next phase rehabilitation solutions were modelled in computation software. These rehabilitation solutions were evaluated and the most effective solution was chosen. In the end of diploma thesis is whole procedure summarized and evaluated.

Keywords: Landslide, degree of stability, stability, inverse analyse, rehabilitation solution of landslide, Plaxis

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení	9
1 Úvod.....	10
2 Geologické a hydrogeologické poměry posuzované lokality	11
2.1 Mapa regionální geologie	12
2.2 Mapa sesuvných oblastí.....	13
2.3 Inženýrsko-geologický průzkum	13
2.3.1 Literatura a zkoumání map.....	14
2.3.2 Průzkum staveniště.....	14
2.3.3 Zemní vrtáky	14
2.3.4 Šachty, rýhy, štoly – Kopané sondy.....	15
2.3.5 Průzkumné vrtání	15
2.3.6 Zkoušky prováděné in-situ: Penetrační sondy	15
2.3.7 Geofyzikální průzkum.....	16
2.4 Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu	16
2.5 Geologické poměry.....	17
2.6 Hydrogeologické poměry	18
3 Analýza stávajícího stavu sesuvného území, včetně numerického modelu.....	20
3.1 Stabilita svahů.....	20
3.1.1 Metoda mezní rovnováhy	21
3.1.2 Rovinná smyková plocha	22
3.1.3 Zakřivená smyková plocha.....	22
3.1.4 Obecná smyková plocha.....	23
3.2 Zaměření svahu.....	23
3.3 Tvorba modelu svahu	24
3.3.1 Výpočtový software Plaxis.....	28
3.4 Inverzní analýza.....	29
3.4.1 Charakteristiky vstupující do inverzní analýzy	30
3.4.2 Postupy a metody inverzní analýzy.....	30
3.4.3 Sbližovací výpočty inverzní analýzy.....	30
3.5 Praktická aplikace Inverzní analýzy sbližovacími výpočty.....	31
3.6 Ověření modelu	32
3.6.1 Výpočtový software GEO 5	32

3.6.2	Praktické ověření softwarem GEO 5	33
3.7	Výsledný model	34
4	Návrh variantních sanačních opatření	35
4.1	Úprava tvaru svahu	35
4.2	Odvodnění sesuvů	36
4.2.1	Povrchové odvodnění	36
4.2.2	Hloubkové odvodnění	36
4.3	Sanace sesuvů rostlinným porostem	37
4.4	Zárubní zdi a stavby podobného charakteru	38
4.5	Svorníky a zemní kotvy	38
4.6	Stabilizace svahů pilotami a štětovými stěnami	39
4.7	Zpevňování zemin	39
4.8	Rozrušování smykových ploch	40
5	Modelová analýza navržených sanačních opatření	41
5.1	Povrchové odvodnění	41
5.2	Úprava tvaru svahu	43
5.2.1	Částečná změna tvaru svahu	43
5.2.2	Celková změna sklonu svahu	46
5.2.3	Stabilizace přítěžovací lavicí	48
5.3	Stabilizace svahu pomocí gabionové zdi	50
5.4	Stabilizace svahu pomocí hřebíkování	52
6	Porovnání jednotlivých sanačních variant	56
6.1	Kontrolní sledování	57
6.1.1	Dělení činností monitoringu ve vztahu k inverzní analýze	57
6.2	Stručný přehled měřicí techniky	58
6.2.1	Měření sil	58
6.2.2	Měření napětí v hornině	58
6.2.3	Měření pórových tlaků vody	59
6.2.4	Měření posuvů na povrchu hornin a objektů	59
6.2.5	Měření přetváření uvnitř horninového masívu a ve vrtech	60
6.2.6	Měření geoakustických emisí	61
6.3	Návrh kontrolního sledování	61
7	Závěr	63
8	Seznam literatury	64

9	Seznam obrázků	66
10	Seznam tabulek.....	68
11	Seznam vzorců	69
12	Seznam příloh	70

Seznam použitého značení

c	Soudržnost
c'	Efektivní soudržnost
ČSN	Česká technická norma
E	Modul přetvárnosti
F	Stupeň stability
ID	Identifikační číslo
NRTM	Nová Rakouská tunelovací metoda
O	Střed smykové plochy
Obr.	Obrázek
R	Poloměr smykové plochy
μ	Poissonovo číslo
φ	Úhel vnitřního tření
φ'	Efektivní úhel vnitřního tření
γ	Objemová tíha
USA	Spojené státy americké

1 Úvod

Diplomová práce se zabývá posouzením svahu odřezu ze stabilitního hlediska a návrhem sanačních opatření. Jedná se o určení podmínek panujících v zájmové oblasti. Pro poskytnutí základních informací o lokalitě byla využita mapa regionální geologie a mapa sesuvných oblastí. Podrobnější studium geologických a hydrogeologických podmínek bylo uskutečněno na základě inženýrsko-geologického průzkumu provedeného v zájmové lokalitě. Tyto informace a zaměření svahu vedly ke stanovení vstupních geologických a hydrogeologických podmínek. Na jejich základě byl pak vytvářen základní model. Jelikož výsledky základního modelu neodpovídaly skutečnému chování svahu, byla využita inverzní analýza pomocí sbližujících výpočtů. Pro ověření přesnosti modelu byl model vytvořen v jiném výpočetním programu s využitím výstupů z inverzní analýzy. Tento postup ověřil správnost celého modelu a mohl tak být použit k dalším výpočtům.

Na modelu, který byl zpřesněn pomocí inverzní analýzy, bylo provedeno několik sanačních opatření zvyšujících stabilitu svahu odřezu. Tato opatření byla porovnána na základě několika faktorů a následně byla vybrána nejvhodnější sanační varianta.

Cílem práce bylo analyzovat celou situaci, stanovit vhodný model svahu a navrhnout vhodná sanační opatření.

2 Geologické a hydrogeologické poměry posuzované lokality

Geologická a hydrogeologická situace vychází z průzkumu provedeného při budování křížení R 48 a R 58. Sesuv odřezu se nachází na silnici R 48 na levé straně ve směru od Příboru na Nový Jičín (viz obr. 1) přibližně 500 od podchodu rychlostní silnice na ulici Masarykova. Přibližné rozměry sesuvu jsou 13,5m na délku rovnoběžně s vozovkou a 10,5 m na šířku kolmo k vozovce. Jedná se o antropogenní svah vytvořený lidskou činností. Přístup je možný přes pole přiléhající k rychlostní silnici. Stav odřezu je zobrazen na obrázku 2.



Obrázek 1 Lokalizace sesuvu, Zdroj: mapy.cz



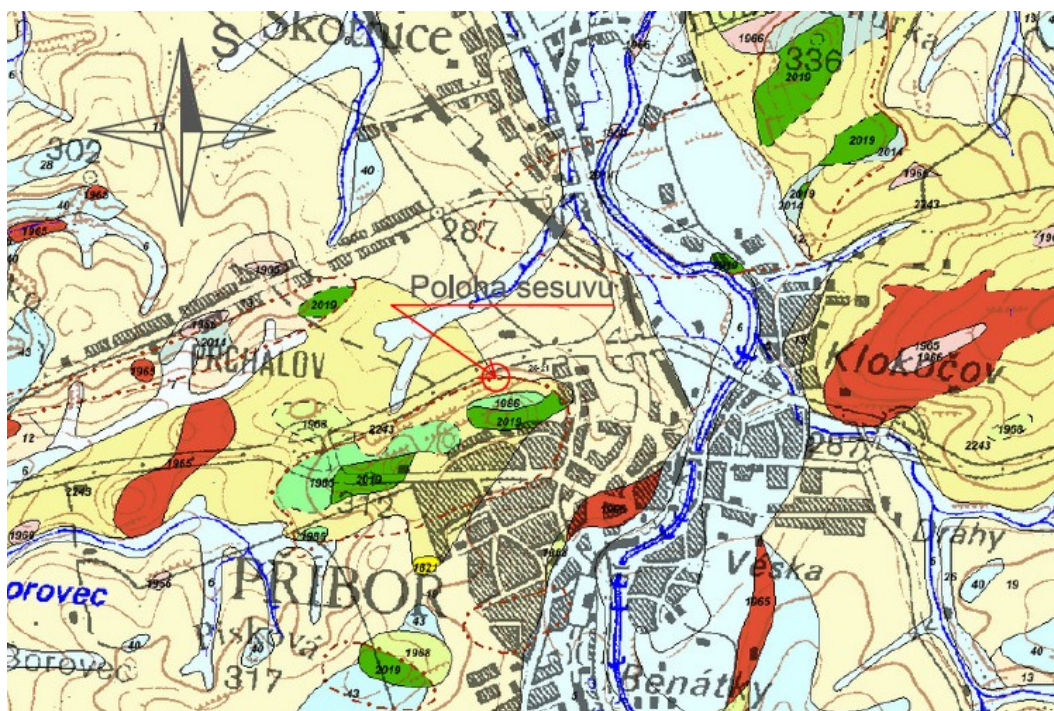
Obrázek 2 Sesuv odřezu, Zdroj: vlastní

2.1 Mapa regionální geologie

Mapa regionální geologie nám umožňuje předpokládat, v jakých horninových podmínkách se daný sesuv nachází (viz obr. 3), a podložit tak výsledky následného inženýrsko-geologického průzkumu. Z legendy (viz tab. 1) poskytované webovým portálem k mapě je možné stanovit, že v oblasti lze očekávat sprašové hlíny, kamenito-písčito-jílovitá eluvia sedimentárních hornin, těšinit, pikrit, tuf, tufit, pískovce, slepenec a jílovec.

Tabulka 1 Legenda k mapě regionální geologie, Zdroj: Česká geologická služba (vlastní zpracování)

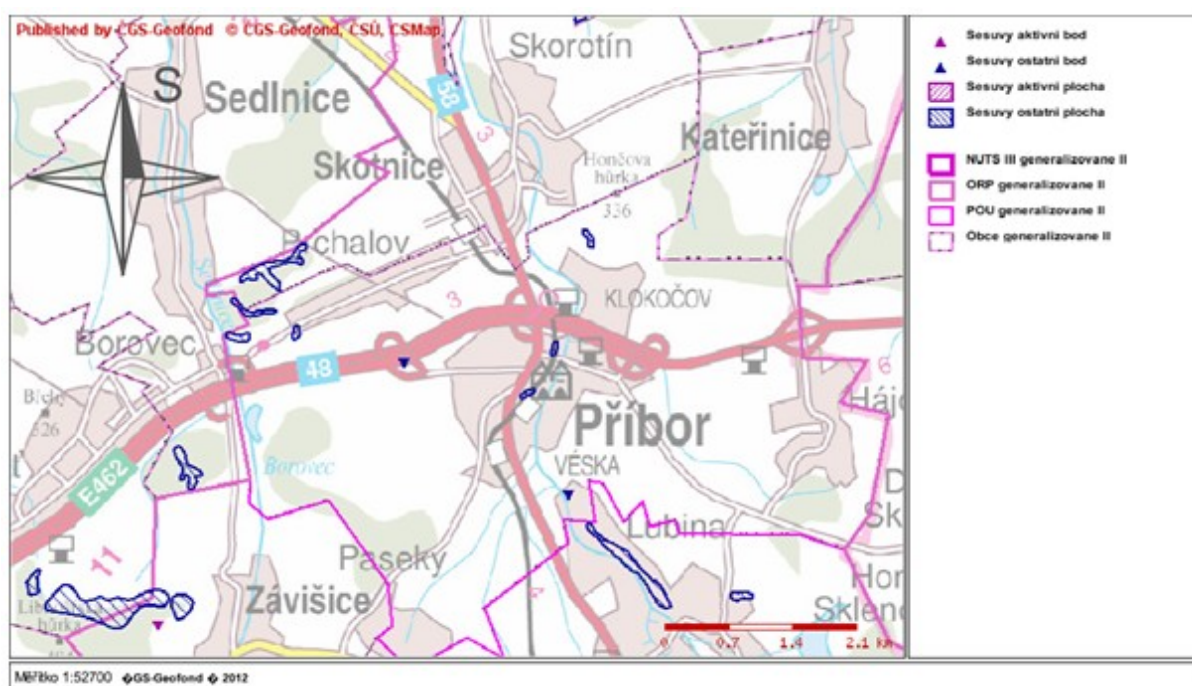
ID Vrstvy	Popis hornin ve vrstvě
5	nivní sediment
6	nivní sediment
19	sprašová hlína
1821	vápnitý jíl (těgl), místy s polohami písků
1965	jílovec
1968	jílovec, pískovec, slepenec
1986	pískovec, slepenec, jílovec, vápenec
2019	těšinit, pikrit, tuf, tufit
2243	kamenito-písčito-jílovitá eluvia sedimentárních hornin badenu, karpátu a flyše



Obrázek 3 Mapa regionální geologie, Zdroj: Česká geologická služba

2.2 Mapa sesuvných oblastí

Rizikovost pro sesouvání v dané lokalitě je možné posoudit na základě mapy sesuvů (viz obr. 4). Ta je poskytována webovým portálem geofond. Je patrné, že v přímém okolí sesuvné oblasti se žádný další sesuv nenachází. V širším okolí se sice nachází několik neaktivních sesuvů, ale jelikož jsou vzdálenějšího charakteru a nejedná se o větší deformace, je daná lokalita uvažována bez predispozic k dalšímu sesouvání. Je tedy možné domnívat se, že byl sesuv způsoben přehlédnutím některých z klíčových faktorů při návrhu a poddimenzováním odřezu svahu.



Obrázek 4 Mapa sesuvných oblastí, Zdroj: Česká geologická služba GEOFOND

2.3 Inženýrsko-geologický průzkum

Inženýrsko-geologický průzkum má za úkol obstarání nezbytných informací o inženýrských poměrech na staveništi pro různé etapy projektové přípravy, pro sanační opatření, či pro výběr nejlepší varianty využití území.

Inženýrsko-geologický průzkum lze rozdělit do několika etap, které mají určitou posloupnost a platí mezi nimi návaznost prací. V těchto etapách je situace na staveništi podrobně mapována a jejich rozsah je závislý na náročnosti stavby a zjištěných geologických podmínkách. Z hlediska geotechnických konstrukcí je nutné mít co nejpřesnější obraz o podloží stavby. Průzkumné práce provedené na staveništi nám pak poskytují informace o hydrogeologických a inženýrsko-geologických poměrech a o složení a vlastnostech horninového masívu.

2.3.1 Literatura a zkoumání map

Při tomto postupu jsou studovány dochované písemnosti a dostupné mapy s cílem stanovit podmínky panující v dané lokalitě. Úsilí vynaložené na hledání záznamů a studium literatury závisí na složitosti a velikosti plánovaného projektu a na předpokládaných podmínkách v horninovém podloží. Detailní průzkum literatury může být časově velice náročný a není proto vhodný pro menší stavby nebo v podmínkách, kdy je horninová skladba jednoduchá a dobře známá. V těchto případech postačuje studium geologických a topografických map.

2.3.2 Průzkum staveniště

Cílem průzkumu staveniště je snaha o určení a porozumění podstatě horninových podmínek na staveništi a v jeho okolí. Rozsah této fáze se odvíjí od významnosti a rozsahu konstrukce, která má být na staveništi zbudována. Průzkum staveniště musí být zakončen zprávou shrnující výsledky průzkumu a nálezy, které mohou být užity při navrhování konstrukce.

2.3.3 Zemní vrtáky

Nejjednodušší metoda, jak lze přímo získat informace o hornině pod úrovní terénu, je pomocí ručních zemních vrtáků. Většinou jsou užívány v soudržných zeminách, ale při užití speciální hlavy je částečně možné užít této metody i ve štěrcích. Vzorky získané zemním vrtáním jsou většinou silně porušené a při odběru dochází k míchání různých typů zemin. Proto je složité přesně lokalizovat změny v zemních vrstvách.

Tato metoda může ovšem poskytnout dobrý obraz o hloubce skalního podloží, pokud ho je možné takto dosáhnout. V těchto případech je lepší použít mechanické zemní vrtáky.

2.3.4 Šachty, rýhy, štoly – Kopané sondy

Tyto metody umožňují přímé vizuální prozkoumání horninových podmínek v zeminách a rozrušených skalních horninách. Jsou však limitovány svou hloubkou v závislosti na nákladech pro zabezpečení stěn výkopů. Zřizování těchto konstrukcí je nákladné a vždy musí být pečlivě uváženo. Odběr porušených i neporušených vzorků je v tomto případě možný přímo z horninového masívu. Metoda umožňuje například přímý průzkum směru a tloušťky jednotlivých vrstev horniny.

2.3.5 Průzkumné vrtání

Dříve používanou metodu vrtání představovalo vrtání nárazem, kdy bylo vrtné dláto přichyceno soutyčím, nebo lanem. Při vrtání se dláto pohybovalo po malých úsecích nahoru a dolů a pootáčelo se. Nejběžnější variantou, pro provádění vrtného průzkumu v našich podmínkách, je rotační vrtání na jádro. Při použití této techniky je hornina navrtána vrtnou korunkou opatřenou řeznou plochou a trhačem. Střed korunky je volný a vyvrtaná hornina se přes něj zasouvá do soutyčí. Při vytahování vrtného zařízení z vrtu je hornina zachycena trhačem a vynesena spolu se zařízením na povrch. O každém vývrtu je veden podrobný záznam obsahující klasifikaci hornin dle ČSN 73 1001, hloubky vrstev ve vývrtu, případně hloubku podzemní vody a další důležité záznamy. Vyvrtaná hornina je uložena do přepravek a transportována do laboratoří.

2.3.6 Zkoušky prováděné in-situ: Penetrační sondy

Pomocí penetračních zkoušek je možné zkoumat horninovou skladbu a nepřímou stanovit některé vlastnosti horninového masívu v zájmové oblasti. Jedná se o pevnostní a přetvárné charakteristiky hornin. Metoda je vhodná pro zeminy a zvětralé horniny. Existuje několik variant této zkoušky s rozdílem v zatlačování penetrační sondy do zeminy.

Při statické penetrační zkoušce je hrot sondy zatlačován do masívu konstantní rychlostí při zaznamenávání potřebné síly. U dynamické penetrační zkoušky je hrot zatlačován do zeminy nárazem závaží a počítají se rázy potřebné pro zatlačení do určité hloubky.

2.3.7 Geofyzikální průzkum

Jedná se o nepřímou metodu průzkumu poskytující informace o horninovém prostředí, která může zrychlit průzkum zájmové lokality. Geofyzikální metody jsou založeny na zaznamenávání rozdílů přírodních, či umělých fyzikálních polí. Mezi zástupce geofyzikálních metod patří následující metody:

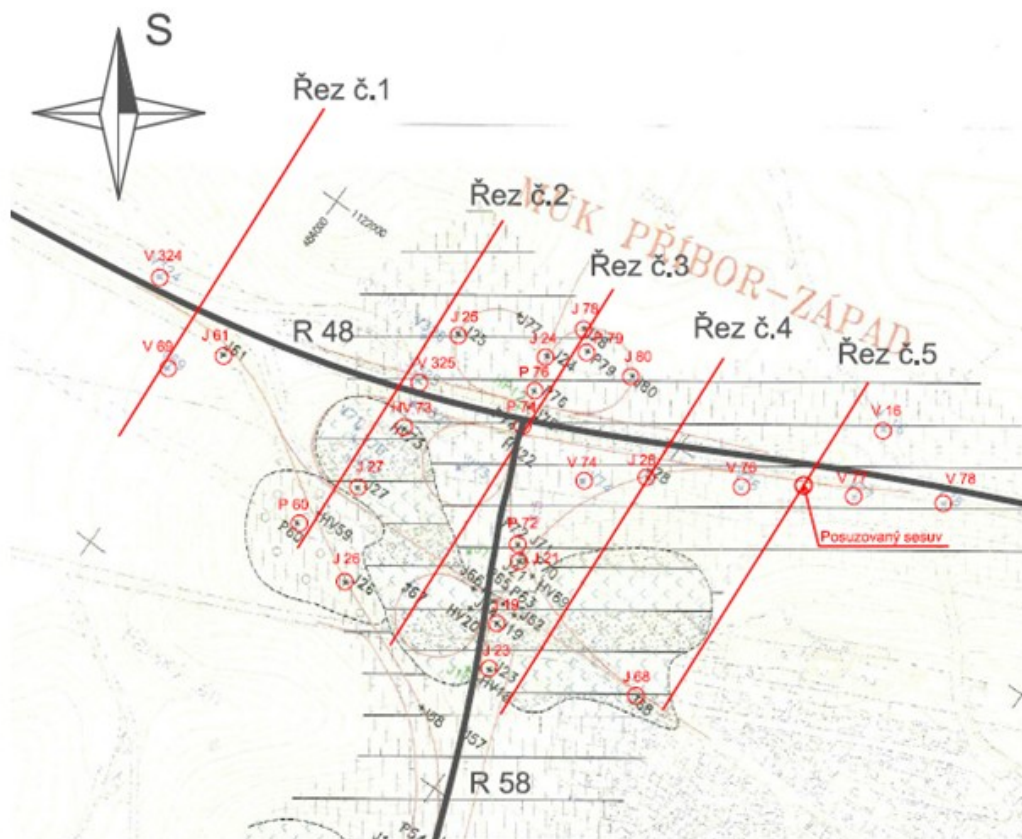
- Geoelektrické metody
- Seismické metody
- Gravimetrické metody
- Magnetometrické metody
- Termické metody
- Radionuklidové metody
- Karotážní metody

2.4 Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu

Geologická a hydrogeologická situace vychází z inženýrsko-geologického průzkumu provedeného při budování křížení R 48 a R 58. Ten mi byl poskytnut k nahlédnutí státní příspěvkovou organizací Ředitelstvím silnic a dálnic ČR.

Celkově je inženýrsko-geologický průzkum tvořený souborem jádrových vrtů a penetračních sond. Při využití průzkumu v této diplomové práci bylo klíčové vybrání vhodných průzkumných sond, sestavení geologických řezů a následné určení geologických a hydrogeologických poměrů na zájmovém území. Umístění sesuvu a polohopisné zaznačení jednotlivých sond je patrné z obrázku 5. Označení řezů a jejich směr je zde zaznačen taktéž. Vrty s označením J a HV byly budovány ve fázi předběžného, nebo doplňkového inženýrsko-geologického průzkumu. Písmenem P jsou označeny penetrační sondy, prováděné taktéž

v těchto fázích. Písmenem V jsou pak označeny historické vrtů. Záznamy vrtů a penetračních sond jsou přiloženy k diplomové práci jako příloha číslo 1. Vytvořením těchto geologických řezů jejich vykreslením, bylo možno určit složitost geologických poměrů a stanovit geologické poměry sesuvné oblasti.



Obrázek 5 Mapa prozkoumanosti, Zdroj: vlastní

2.5 Geologické poměry

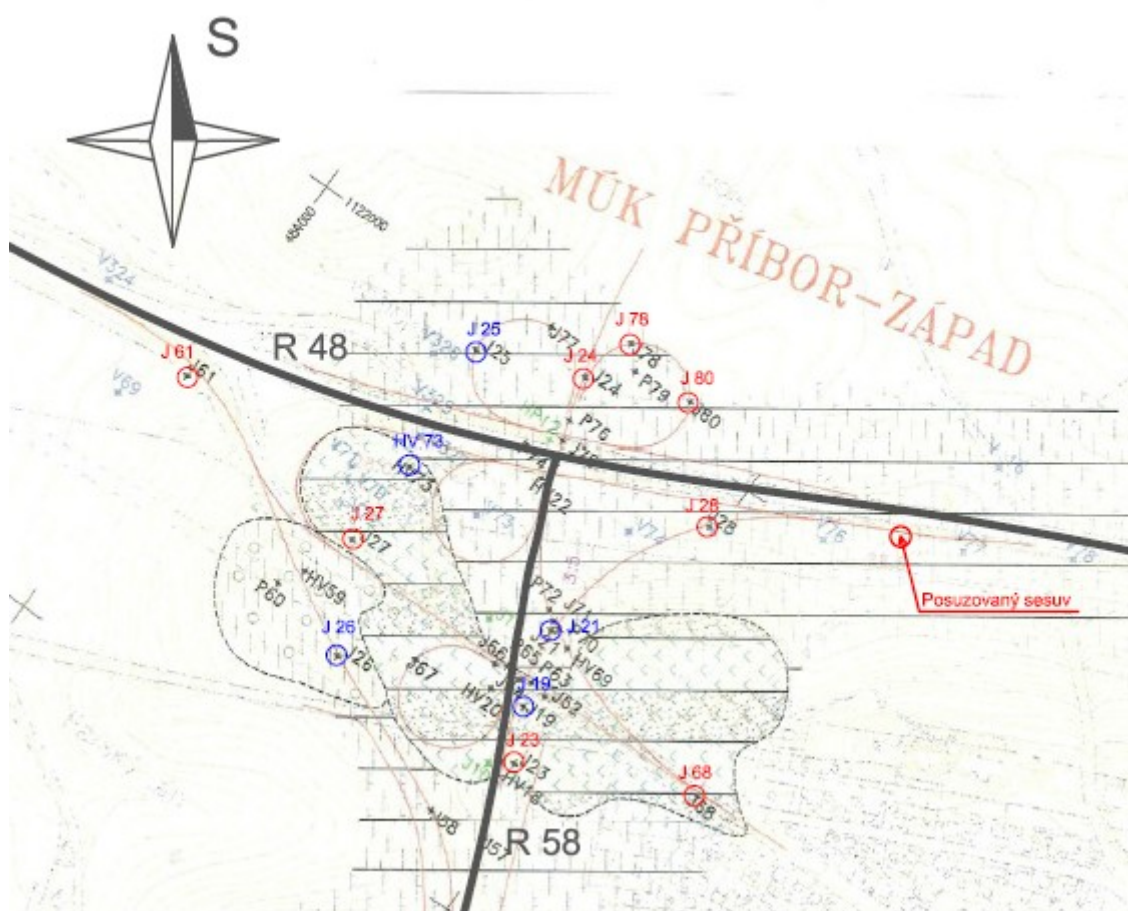
Při posuzování geologické situace v místě sesuvu bylo přihlédnuto jak k vytvořeným řezům, tak k nejbližšímu vrtu a dále pak k historickým vrtům. Jednotlivé řezy jsou přiloženy k diplomové práci jako příloha číslo 2. Historické vrtů byly použity pouze pro kontrolu a pro přehlednější pojem o celkové situaci. Po celkové analýze situace byl pro simulaci skutečné geologie na zájmové lokalitě zvolen vrt J 28. Zeminy a horniny použité v modelu vychází z výsledků zkoušek a zařídění zemin vrtu J 28 (viz tab. 2). Zařídění zemin bylo provedeno dle ČSN 73 1001. Zvolený geologický profil potvrzuje výsledky získané studiem map regionální geologie.

Tabulka 2 Geologická skladba, Zdroj:vlastní

Hloubka	Třída dle ČSN 73 1001	Typ horniny dle ČSN 73 1001	Hornina dle průzkumu
0-0,7	F6/Cl	Nízko plastický jíł	Prachovitá hlína
0,7-2,3	F6/Cl	Nízko plastický jíł	Jílovitá hlína
2,3-3,5	F4	Písčitý jíł	Písčitá hlína
3,5-6	F6/Cl	Nízko plastický jíł	Prachovec

2.6 Hydrogeologické poměry

Hydrogeologická situace v zájmové oblasti byla posuzována pomocí výsledků jádrových vrtů. Záznam o vrtání těchto zkoušek obsahuje informace o naražené a ustálené hladině podzemní vody. Byla proto vytvořena přehledná mapa obsahující seznam vrtů s vyznačením výskytu podzemní vody (viz obr. 6). Vrtý označeny červeně neobsahovaly podzemní vodu, kdežto vrtý označené modře ano. Tato mapa neobsahuje historické vrtý ani penetrační sondy. Penetrační sondy byly vyřazeny, jelikož svou podstatou neumožňují stanovit hladinu podzemní vody. Historické vrtý byly vyřazeny pro nižší vypovídající hodnotu, způsobenou svou neaktuálností. Z přiložené mapy je patrné, že v okolních vrtech nebyla při provádění inženýrsko-geologického průzkumu zastižena podzemní voda, situace v sesuvné oblasti byla proto uvažována bez přítomnosti podzemní vody.



Obrázek 6 Mapa vrtů s vyznačením přítomnosti podzemní vody, Zdroj: vlastní

3 Analýza stávajícího stavu sesuvného území, včetně numerického modelu

Řešený problém má charakter svahové deformace situovaný na odřezu svahu provedeném při výstavbě rychlostní silnice. Analýza situace se tudíž sestává z aplikace výpočtů stability využívající dostupné informace o území. Pro podrobnější analýzu situace je možné využít numerického modelování pomocí výpočetního programu.

3.1 Stabilita svahů

Jedna z nejčastějších úloh v geotechnice je výpočet stability svahovaných těles. S poruchami se u svahů setkáváme jak v případě přirozených svahů, tak u svahů umělých, vzniklých inženýrskou činností jako jsou hráze, násypy komunikačních těles, přehrady, zářezy nebo svahované výkopy. Rozpoznání důvodů ztráty stability a návrhy sklonu svahovaných těles jsou důležité z hlediska ekonomického, z důvodů ochrany půdy, finanční úspory při přesouvání zemin a z hlediska bezpečnostního, kdy podcenění návrhu může vést k porušení konstrukce. Detailnější přístup závisí na složitosti podmínek a důležitosti navrhovaného svahu. Využívají se čtyři odlišné přístupy.

- Metoda mezní rovnováhy – řeší stabilitní problém porovnáním pasivních a aktivních sil na určité smykové ploše, kdy postupně vyhledává plochu s nejmenším stupněm stability.
- Metoda využívající Rankinovy teorie – řeší kritickou výšku svahu o určitém sklonu a daných smykových parametrech. Tato metoda se využívá velmi zřídka.
- Numerická metoda – stanovuje přetvoření svahovaného tělesa jako celku, nebo jeho jednotlivých částí, umožňuje srovnávat vypočítanou napjatost a napjatost při deformaci.
- Nomogramy, tabulky – při návrhu sklonu vycházejí z praktických zkušeností nebo z vyřešených případů. Doporučené sklony svahů pro výkopy jsou uvedeny v normě.

Při řešení stability svahů se vzhledem k jednoduchosti dají využívat metody mezní rovnováhy a ve složitějších případech lze uplatnit výpočet metodou řešení napjatosti a deformace zemního tělesa, při níž se využívá výpočetní technika.

3.1.1 Metoda mezní rovnováhy

Metoda počítá rovnováhu sil na zvolené smykové ploše. Ta může mít různý tvar, u homogenních soudržných zemin má tvar zakřivený, nejčastěji podobný kruhové ploše. U homogenních nesoudržných zemin se pak jedná o smykovou plochu rovinného tvaru. U zemin pevnostně anizotropních či nehomogenních má smyková plocha tvar obecný, odpovídající minimálnímu odporu.

Stupeň stability svahu je značen F . Jedná se o poměr maximální smykové pevnosti svahu ku působící smykové síle ve svahu. Konkrétně se jedná o poměr pasivních sil, jež nám svah stabilizují a sil aktivních, které přispívají k destabilizaci svahu. Rovnice pro výpočet stupně stability má pak tvar viz vzorec (1).

$$F = \frac{\text{Pasivní síly}}{\text{Aktivní síly}}$$

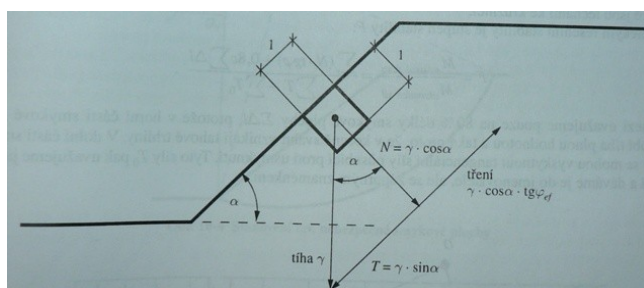
Vzorec 1 Rovnice pro výpočet stupně stability

Popsaný způsob výpočtu je využíván pro svou jednoduchost, avšak neodpovídá skutečnému chování zemin, jelikož nepočítá s nárůstem pevnosti během přetváření zeminy. Další výpočet je ovlivněn smykovou pevností a jejím vyjádřením, existují tři způsoby výpočtu.

- Výpočet v totálních napětích s využitím totálních parametrů smykové pevnosti.
- Výpočet v efektivních napětích s využitím pórového tlaku - u tohoto výpočtu stanovujeme totální napětí na smykové ploše a působící pórový tlak.
- Výpočet v efektivních napětích s využitím proudového tlaku vody - zde stanovujeme efektivní napětí na smykové ploše pomocí efektivní tíhy zeminy a proudového tlaku.

3.1.2 Rovinná smyková plocha

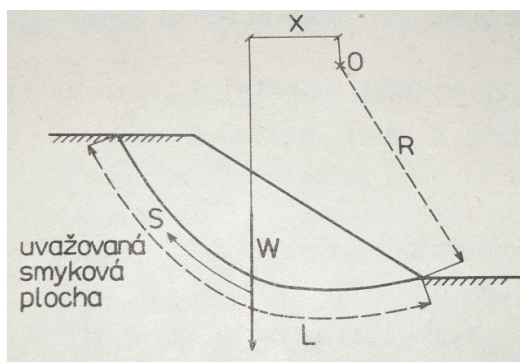
U výpočtu stability zemin, jež tvoří rovinnou smykovou plochu, lze stabilitu počítat jako rovnováhu sil na nakloněné rovině. Síly rozkládáme na sílu kolmou na smykovou plochu, jež násobíme tangentou úhlu vnitřního tření, a sílu rovnoběžnou s touto plochou. Jejich poměr pak odpovídá stupni stability F . U tohoto výpočtu lze zanedbat účinek bočních sil (viz obr. 7). V situacích, kdy svahem prosakuje voda, se ve většině případů stabilita zmenšuje a je nutné s jejími účinky počítat. Přitom je důležitá výška hladina vody a směr jejího proudění.



Obrázek 7 Rozklad sil na rovinné smykové ploše, Zdroj: [1]

3.1.3 Zakřivená smyková plocha

Jedná se o výpočet stability v soudržných zeminách, jejichž smykové plochy mají zakřivený tvar, často je uvažován tvar kruhový mající střed O a poloměr R . Výpočet probíhá z momentové podmínky ke středu O a vstupují do něj síly aktivní a pasivní, obě vynásobené příslušným poloměrem smykové plochy (viz obr. 8). Řešení probíhá jako rovinné a stav mezní rovnováhy nastane při rovnosti momentů. V praktickém výpočtu se využívá rozdělení svahu na proužky a výpočet je možné provádět s uvažováním sil od sousedních proužků, nebo bez nich.



Obrázek 8 Síly na kruhové smykové ploše, Zdroj: [2]

3.1.4 Obecná smyková plocha

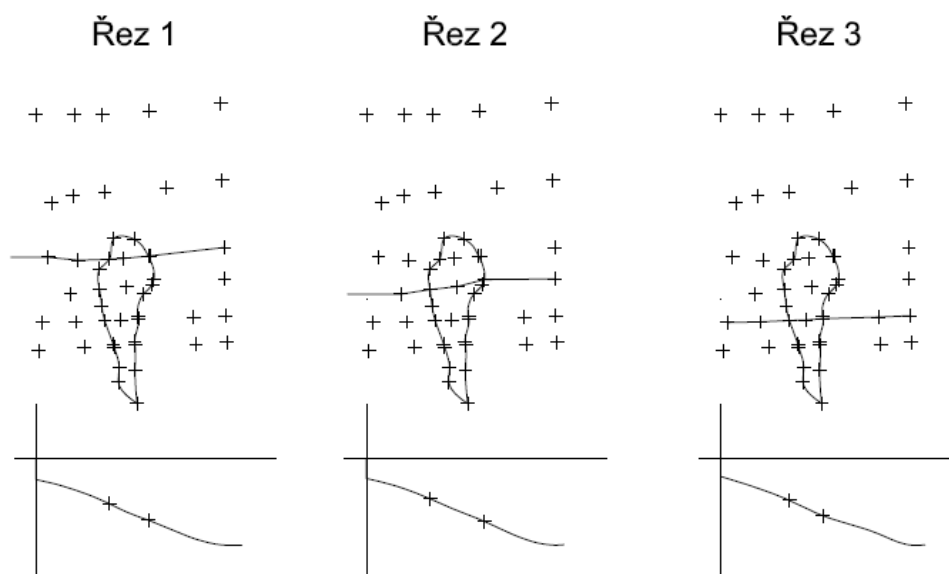
Při výpočtu stability svahů tvořených nehomogenními zeminami, nebo v případech vrstevnatých zemin, je nutno počítat stabilitu pro obecné smykové plochy. Nabízí se dva způsoby řešení.

- Proužkové metody, stejně jako u kruhových smykových ploch dělí svah na proužky, ale smyková plocha má obecný tvar a je složená z na sebe navazujících zakřivených úseků.
- Klínové metody „řeší stabilitu určitého bloku nad zvolenou smykovou plochou, který je z boku zatížen aktivními a pasivními bloky zeminy.“ [2]

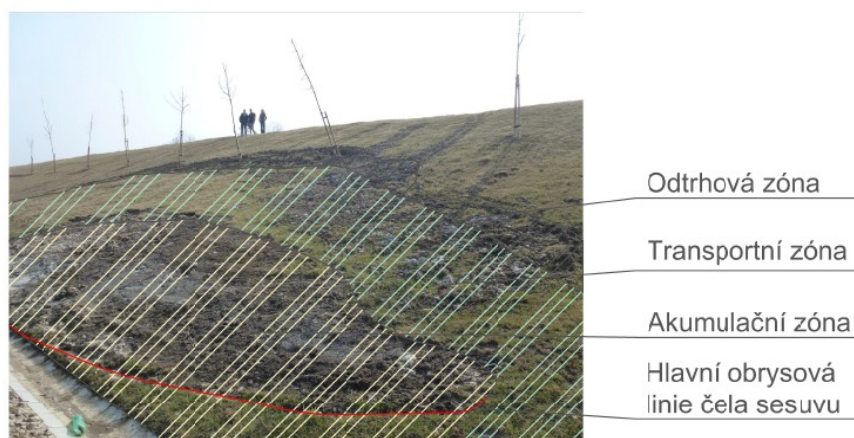
3.2 Zaměření svahu

V rámci zpracování diplomové práce autor zaměřil, pro potřeby co nejpřesnějšího modelování, svah pomocí totální stanice Leica TC 2003. Byl celkově zaměřen odřez, na kterém se sesuv nachází a následně byla podrobně zaměřena zóna, na níž došlo k odtržení svahu. Hodnoty zaměřené totální stanicí byly podrobně zapisovány. Jednalo se o hodnotu vertikálního a horizontálního úhlu a šikmou délku. Tyto hodnoty byly pomocí goniometrických funkcí přepočítány na vodorovnou vzdálenost a výškové převýšení od záměrné polohy. Celkově bylo pro zaměření svahu použito 48 bodů. Po zaměření a evaluaci hodnot, byl svah půdorysně vykreslen. Znalost výškového převýšení umožnila vykreslit pomocí softwaru AutoCAD tři řezy odřezu a vyhodnotit řez číslo 2 jako kritický, jelikož má nejvyšší výšku odtrhu. Vykreslení řezů svahu je zobrazeno na obrázku 9.

Na obrázku 10 je zobrazen stav odřezu při první prohlídce sesuvu se zvýrazněním odtrhové, transportační a akumulární zóny.



Obrázek 9 Řezy svahem, Zdroj: vlastní

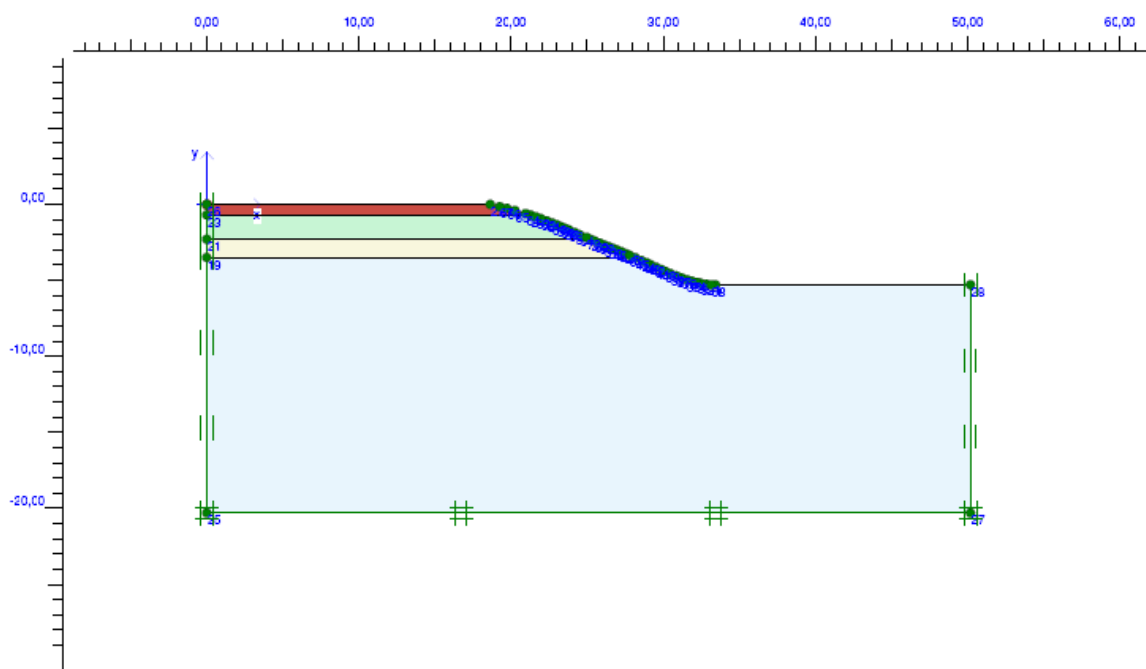


Obrázek 10 Fotografie z první prohlídky, Zdroj:vlastní

3.3 Tvorba modelu svahu

Model byl vytvořen na základě zaměření pomocí totální stanice a dat z jádrového vrtu J 28. Software použitý pro modelaci je Plaxis 8.2. Modelování obsahovalo tvorbu svahu pomocí vykreslených řezů z programu AutoCAD. Aplikace umožňuje přenesení geometrie bez nutnosti opětovného ručního vykreslení, tím je přesné zakreslení zachováno. Dále byl svah doplněn o čtyři horninové vrstvy a hranice modelu. Hranice modelu byly doplněny o okrajovou podmínku takzvanou „tuhou vanu“ (viz obr. 11).

Do takto vytvořeného geometrického modelu byly přidány horniny s parametry zvolenými jako průměrné hodnoty dle zatřídění zemin s přihlédnutím k parametrům získanými penetračními sondami (viz tab. 3). Jelikož se penetrační sondy odlišují od profilu sondy J 28, byly uvažovány všechny penetrační sondy v okolí vrtu. Parametry pro korelaci byly posuzovány v závislosti na hloubce vrstev jádrového vrtu a penetračních sond. Pokud se shodovala zemina svým zatříděním a vlastnostmi ve vrtu i v penetrační sondě, bylo posuzováno, zda se zemina nachází v podobné hloubce, teprve pak mohly být parametry použity pro zpřesnění modelu. Takto vytvořené horniny byly přiřazeny jednotlivým vrstvám. Model materiálu byl pro vrstvy hornin použit jako Mohr-Coulombův.



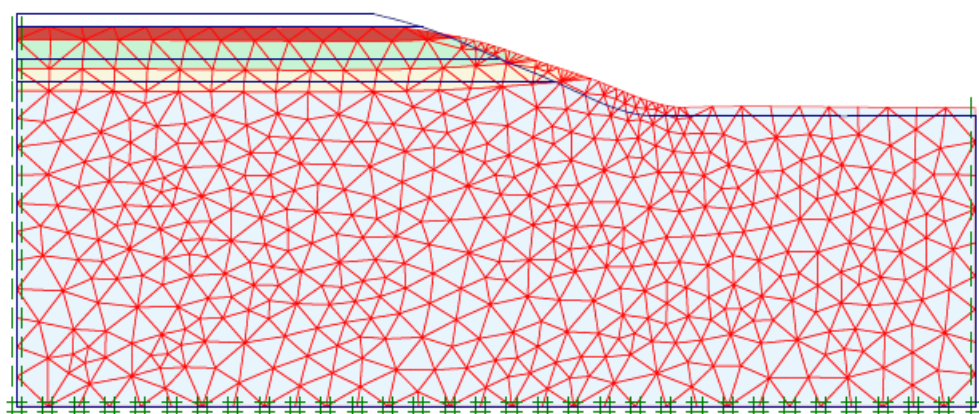
Obrázek 11 Základní model, Zdroj: vlastní

Tabulka 3 Základní parametry zemin, Zdroj: vlastní

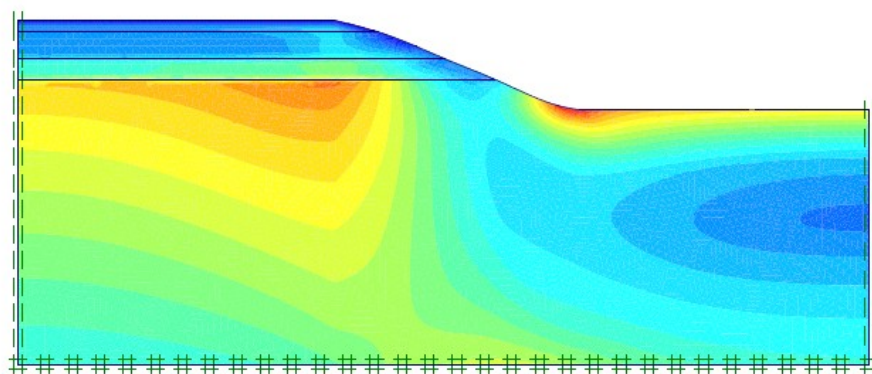
Třída dle ČSN 73 1001	Typ horniny dle ČSN 73 1001	Hornina dle průzkumu	Konzistence	Geneze	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	μ	c' [kN/m ²]	ϕ' [°]
F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovit á hlína	Tuhá až pevná	Ornice	18,5	3452	0,36	14	0
F6/C1	Nízko plastický jíl	Jílovitá hlína	Tuhá	Deluvim	21	3313	0,4	16	0
F4	Písčitý jíl	Písčitá hlína	Pevná	Eluvium	18,5	8000	0,35	20	8
F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovec	Pevná	Eluvium	21	16000	0,39	20	10

V další fázi byla pomocí automatického generátoru vygenerována síť konečných prvků s jemným členěním. Dále bylo automaticky vygenerováno pórové a efektivní napětí.

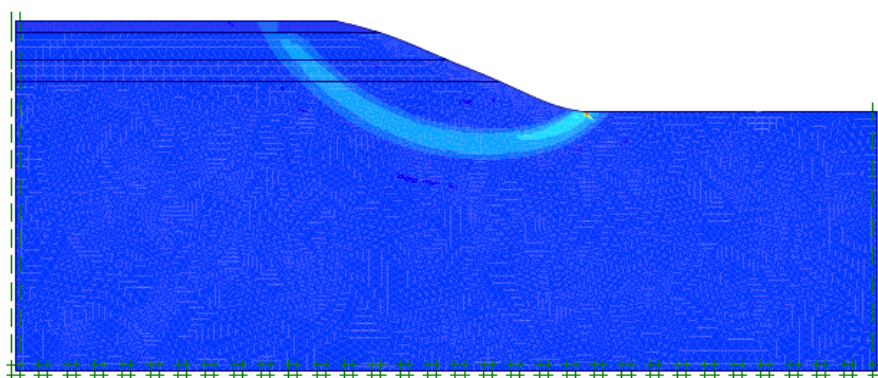
V kalkulačním modulu programu Plaxis byly vytvořeny dvě výpočtové fáze. První fáze je plastický výpočet. Výstupem z tohoto výpočtu je síť posunů (viz obr. 12) a zobrazení čerpání smykové pevnosti (viz obr. 13). Druhá fáze obsahuje výpočet pomocí phi/c reduction, tímto výpočtem je možné určit kritickou smykovou plochu (viz obr. 14) a stupeň stability.



Obrázek 12 Deformovaná síť posunů, Zdroj: vlastní

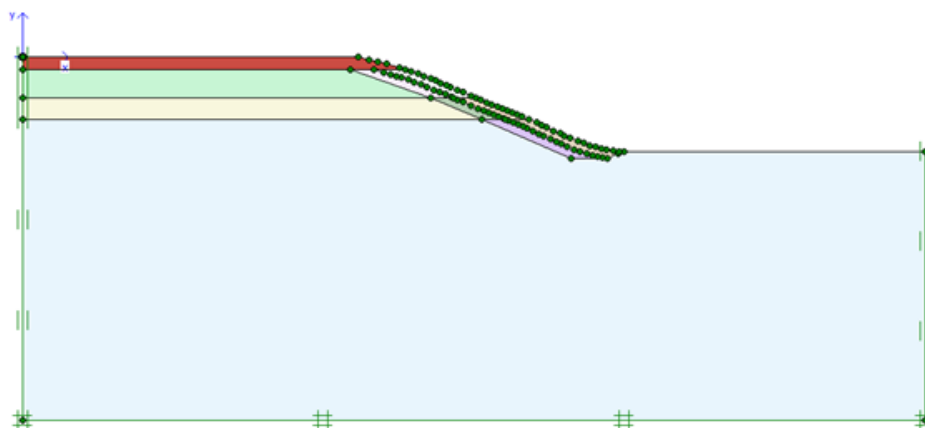


Obrázek 13 Čerpání smykové pevnosti, Zdroj: vlastní



Obrázek 14 Kritická smyková plocha, Zdroj: vlastní

V další fázi byl svah odřezu zpřesněn přidáním dvou povrchových vrstev kopírující jeho tvar. Tloušťka každé vrstvy je zhruba 0,5m. Tím je možné simulovat vliv povrchové vody v těchto povrchových vrstvách. Upravená geometrie je zobrazena na obrázku 15.



Obrázek 15 Upravená geometrie, Zdroj: vlastní

Jelikož u reálného svahu došlo k jeho usmýknutí, měl by mít model v tomto případě stupeň stability rovný 1 a odtrhová plocha by se měla nacházet přibližně v horní třetině, jak bylo zobrazeno na obrázku 10. Jelikož prvotní model vykazoval vyšší stupeň stability $F=1,96$ a celkový průběh smykové plochy neodpovídal reálné situaci, musela být vstupní data přehodnocena na základě inverzní analýzy s využitím sblížovacích výpočtů.

3.3.1 Výpočtový software Plaxis

Výpočtový program Plaxis je založen na metodě konečných prvků, zaměřený na řešení geoinženýrských problémů. Těmi mohou být deformace, či stabilitní problémy různých konstrukcí, či horninových masívů. Program Plaxis je tvořen několika dílčími moduly, které mají různé zaměření.

Plaxis 2D je modul založený na metodě konečných prvků, určený pro dvou-dimenzionální analýzu deformací a stability geotechnických problémů. Modul v sobě zahrnuje hlavní části pro simulaci nelineárního, časově závislého a anizotropního chování zemin a skalních hornin. V modulu jsou taktéž zahrnuty speciální podprogramy pro řešení situací s hydrostatickým, či pórovým tlakem v horninách. Dále modul umožňuje simulovat vzájemné působení mezi horninou a stavební, či jinou konstrukcí.

Plaxis Dynamics je modul rozšiřující základní Plaxis 2D a sloužící k analýze hornin, či konstrukcí, které jsou vystaveny dynamickým zatížením. Případem dynymického zatížení je například zemětřesení.

Modul PlaxFlow je založen na dvou-dimenzionální analýze ustáleného proudění podzemní vody horninami. Modul vychází z Biotovy teorie konsolidace a umožňuje řešit zároveň deformační problémy a časově závislý průtok podzemní vody přes saturované a částečně saturované zeminy.

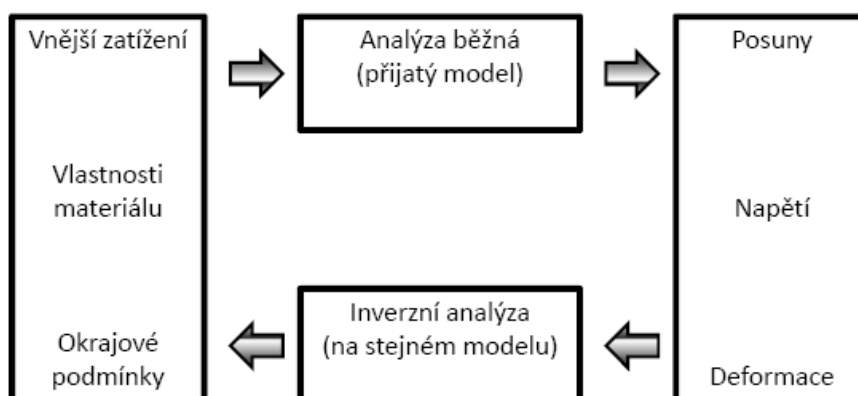
Dalším programem společnosti Plaxis je Plaxis 3D. Ten je taktéž založen na metodě konečných prvků s možností řešit deformace a stabilitu horniny, či konstrukce ve třech dimenzích. Tento program je možné opět doplnit dalšími moduly. Jedná se o Plaxis 3D Dynymics, který má podobnou funkci jako v případě dvou-dimenzionální verze. Druhým doplňkovým modulem je Plaxis 3D Tunnel. Modul řeší stabilitu a deformace při projektování tunelů.

3.4 Inverzní analýza

„Poznatky získané při provádění inženýrských, podzemních a důlních staveb ukazují, že k řešení stabilitních problémů i otázek jejich vazby na vlastní technologii provádění (např. v případě ražení tzv. metodou NRTM), nelze využívat pouze získané zkušenosti, ale je nutno účinně zapojit moderní metody geomechaniky včetně monitoringu a inverzní analýzy.“ [3] Analýza stabilitních problémů je složitý proces, jelikož většina procesů tvořící mechanické projevy hornin je závislá na několika vzájemně působících a ovlivňujících se faktorech. Ty jsou proměnné v čase a v prostoru a většinou tvoří situace, které jsme dosud neřešili.

Výsledky při modelování jsou natolik spolehlivé, jako jsou spolehlivé parametry vstupující do výpočtu. Rozdíl mezi přesností matematického modelování a nižší vypovídací hodnotou metod při zjišťování vstupních přetvárných a pevnostních vlastností hornin se nabízí překonat pomocí metody kontrolního sledování, též nazývaného monitoring. Tato metoda poskytuje spolehlivé údaje o procesech uvnitř masívu a lze tak porovnat reálné chování masívu s vypočteným.

Složitost procesů probíhajících v zeminách dala podnět pro vývoj matematických postupů, obecně nazývaných inverzní analýza. Ta, pomocí naměřených hodnot, porovnává vypočtené chování se skutečností. Dochází ke zjišťování, zda parametry vstupující do výpočtu, odpovídají zjištěným výsledkům. Dále pomocí inverzní analýzy zjišťujeme správnost celého matematického modelu a na základě vyhodnocení dochází ke zpřesnění, nebo ke změně modelu (viz obr. 16).



Obrázek 16 Princip inverzní analýzy, Zdroj: [3], vlastní zpracování

3.4.1 Charakteristiky vstupující do inverzní analýzy

Do geotechnického modelu vstupuje několik vlastností horninového prostředí a okrajových podmínek, jež odpovídají řešenému problému. Tyto parametry je možné rozdělit do několika skupin.

- Geometrické parametry
- Fyzikální, pevnostní a přetvárné charakteristiky
- Napětové parametry pro originální stav

3.4.2 Postupy a metody inverzní analýzy

„Inverzní analýza je určitým vyvrcholením celého procesu kontrolního sledování. Vychází z výsledků monitorovacích měření (např. posunů, pórových tlaků) v horninovém prostředí a na jejich základě pak provádí modifikaci vstupních charakteristik modelu s cílem dosáhnout co největší shody mezi naměřenými hodnotami a hodnotami stanovenými použitým matematickým modelem.“[4] Přesnost inverzně určených parametrů je závislá na spolehlivosti a objektivnosti měření monitoringu použitých pro inverzní analýzu. Inverzní postupy lze rozdělit do tří kategorií.

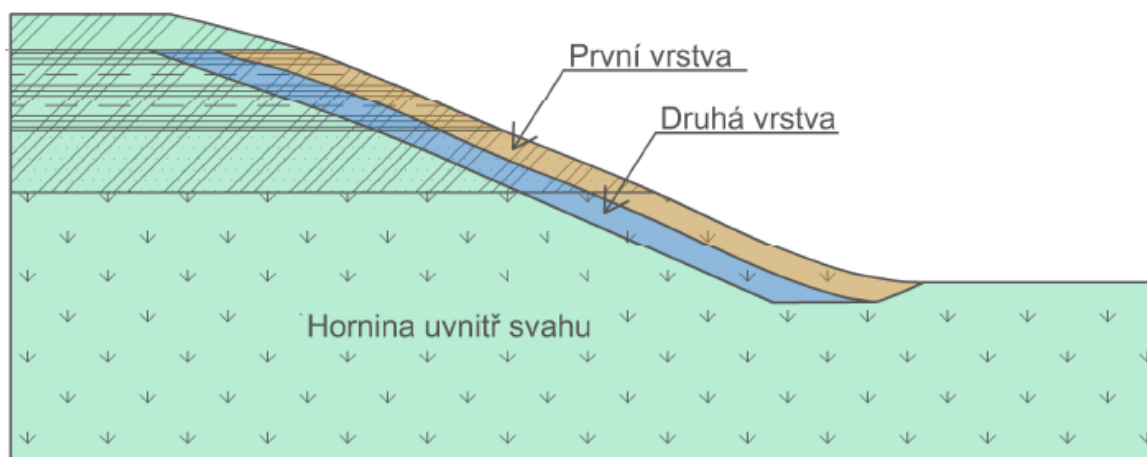
- Jednoduchá inverzní analýza s použitím regresních a korelačních metod matematické analýzy
- Sbližovací postupy
- Inverzní analýza s přímým využitím optimalizačních metod

3.4.3 Sbližovací výpočty inverzní analýzy

„Tyto postupy jsou založeny na sérii postupných sbližovacích parametrických výpočtů s různými kombinacemi vstupních parametrů. Cílem je stanovení takové optimální kombinace jejich parametrů, která svým vlivem v daném modelu determinuje chování přibližující se chování reálného systému v některých monitorovaných hodnotách (např. posunů v určitých bodech).“ [4] Metoda je z hlediska postupu relativně jednoduchá, realizátor inverzní analýzy však musí mít dostatek zkušeností pro ohodnocení citlivosti modelu na některé vstupní parametry. V případě nezkušeného realizátora je celý postup zdoluhavý a nevede k požadovaným výsledkům.

3.5 Praktická aplikace Inverzní analýzy sblížovacími výpočty

U modelu svahu s upravenou geometrií již zobrazenou na obrázku 15, byly měněny parametry zemin dvou povrchových vrstev. První vrstva, která se nachází na povrchu, je plně vystavena povětrnostním vlivům a prosakování povrchové vody. Pod ní se nachází druhá vrstva, u které se předpokládá nižší průsak povrchové vody. Grafické znázornění vrstev je pro přehlednost uvedeno na obrázku 17, svah je rozdělen do tří barevně odlišených bloků. Vlastnosti zemin byly měněny s využitím inverzní analýzy pomocí sblížovacích výpočtů. Jednalo se o variaci objemové tíhy, modulu pružnosti, soudržnosti a úhlu vnitřního tření v závislosti na stupni stability. Hledané hodnoty odpovídaly stavu, kdy se stupeň stability rovná jedné. Jedná se o stav, kdy je první vrstva celkově zvodněna vlivem povrchové vody. Druhá vrstva je částečně zvodněna a hornina uvnitř svahu se uvažuje jako nezasažená působením vody. Výsledné parametry zemin jsou vypsány v tabulce 4. Stupeň stability byl nejvíce ovlivňován soudržností a úhlem vnitřního tření. Jelikož jsou vrstvy svahu členitějšího charakteru, vyžadovaly při provádění kombinací různých hodnot větší citlivost pro jednotlivé změny parametrů.



Obrázek 17 Grafické znázornění vrstev, Zdroj: Vlastní

Tabulka 4 Parametry zemin stanovené inverzní analýzou, Zdroj:vlastní

	Třída dle ČSN 73 1001	Typ horniny dle ČSN 73 1001	Hornina	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	μ	c' [kN/m ²]	ϕ' [°]
1. Vrstva	F6/C1	Nízko plastický jíl	Jílovitá hlína	22	2000	0,4	8	0
	F4	Písčitý jíl	Písčitá hlína	20	6000	0,35	3	0
	F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovec	22	1400	0,4	5	0
2. Vrstva	F6/C1	Nízko plastický jíl	Jílovitá hlína	22	3000	0,4	14	0
	F4	Písčitý jíl	Písčitá hlína	20	7000	0,35	6	0
	F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovec	22	15000	0,4	6	2
Hornina uvnitř svahu	F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovitá hlína	18,5	3452	0,36	14	0
	F6/C1	Nízko plastický jíl	Jílovitá hlína	21	3313	0,4	16	0
	F4	Písčitý jíl	Písčitá hlína	18,5	8000	0,35	20	8
	F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovec	21	16000	0,39	20	10

3.6 Ověření modelu

Pro ověření modelu, který byl vytvořen v programu Plaxis 8.2, bylo přistoupeno k tvorbě stejného modelu v jiném výpočtovém softwaru. Jednalo se o program GEO 5. Správnost modelu je posuzována z průběhu smykové plochy a stupně stability.

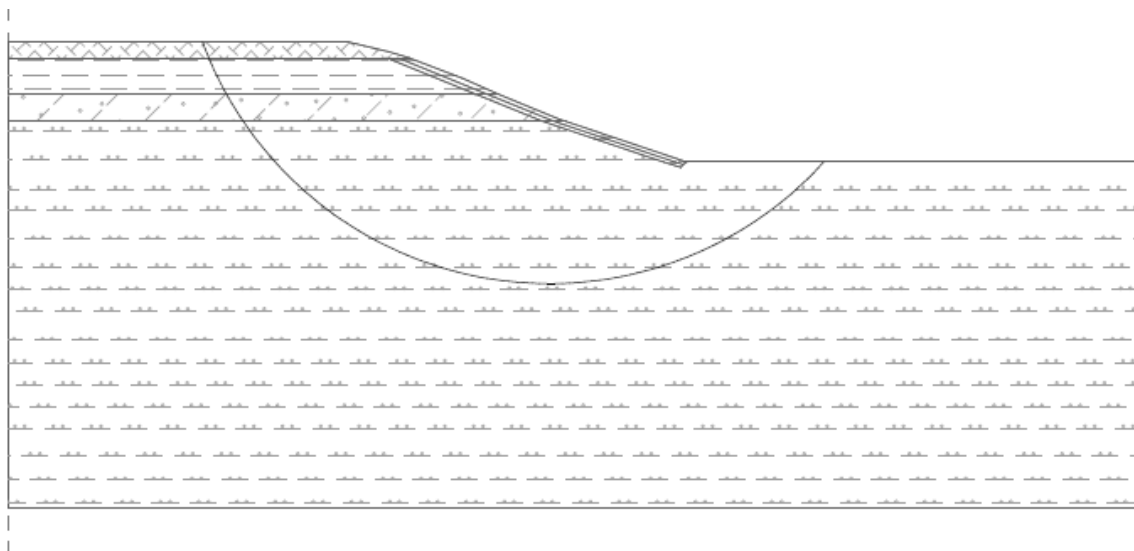
3.6.1 Výpočtový software GEO 5

Jedná se o program určený pro geotechnické výpočty, je složen z jednotlivých modulů, jež mají totožné uživatelské rozhraní a komunikují mezi sebou. Tyto moduly pracují samostatně, každý řeší vždy určitou geotechnickou úlohu a jsou založeny jak na analytických postupech, tak i na metodě konečných prvků. Program umožňuje nastavení všech koeficientů a výpočtových součinitelů, tudíž je možno počítat jak podle ČSN EN 97, tak podle norem příslušných pro jednotlivé státy.

Při výpočtu autor využíval modulu stabilita svahu, který je určen k výpočtu obecně vrstevnatého tělesa. Obsahuje zabudovanou databázi zemin dle ČSN 73101 a do výpočtu je možné zahrnout také vliv vody. Obecně tento modul obsahuje množství nastavení, jež umožňují přizpůsobit program mnoha situacím.

3.6.2 Praktické ověření softwarem GEO 5

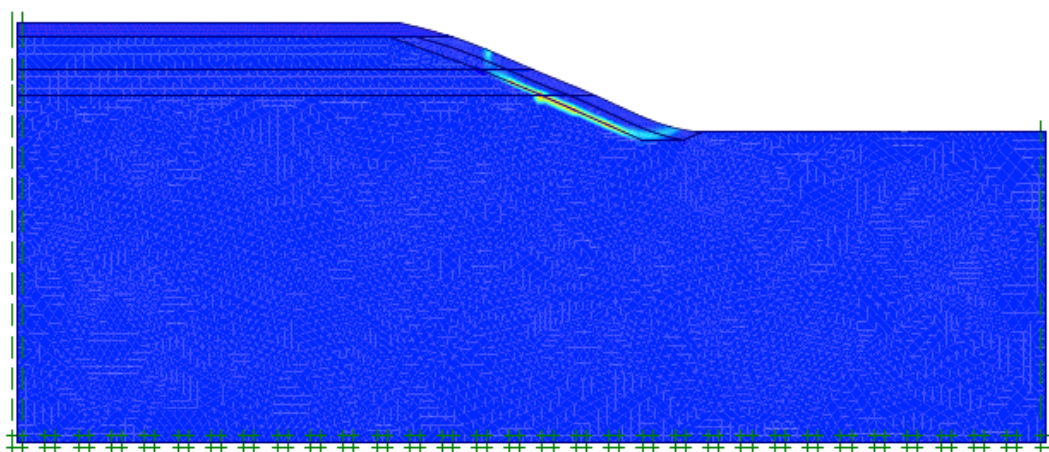
Model byl vytvořen na základě zaměření totální stanicí obdobným způsobem jako v případě předchozího programu. Parametry hornin byly použity z výsledků inverzní analýzy. Geometrie svahu i průběh smykové plochy je zobrazen na obrázku 18. Průběh smykové plochy se liší, od reálné situace. Stupeň stability byl stanoven jako 0,64, tento rozdíl od hodnoty 1 stanovené v softwaru Plaxis může být způsoben rozdílností výpočtu jednotlivých programů a také v odlišnosti průběhu kritických smykových ploch. V případě uvažování situace bez zvodnění povrchových vrstev, byl stupeň stability spočítán jako 2,04. Pro srovnání hodnota stanovená softwarem Plaxis je 1,95. Rovněž průběh smykových ploch je totožný. Tudíž je zde patrná vyšší shoda a je tedy možné považovat model za ověřený.



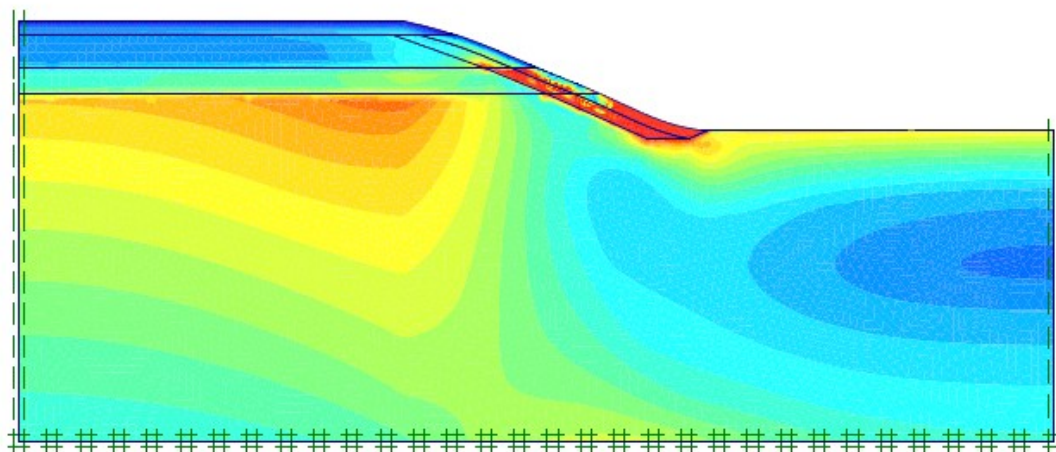
Obrázek 18 Geometrie a průběh smykové plochy při výpočtu pomocí GEO 5, Zdroj: vlastní

3.7 Výsledný model

Výsledný model využívá parametry získané inverzní analýzou a ověřené v dalším výpočetním programu. Průběh smykové plochy je znázorněn na obrázku 19, stupeň stability je roven 1. Tvar a průběh odpovídá skutečné situaci a jak je vidět na obrázku 20, na sesouvání se nejvíce podílí povrchové vrstvy hornin při patě odřezu. Tyto výstupy se velice blíží ke stavu odpovídajícímu skutečné situaci a model je uvažován jako základní pro další sanační úpravy.



Obrázek 19 Průběh smykové plochy, Zdroj: vlastní



Obrázek 20 Čerpání smykové únosnosti, Zdroj: vlastní

4 Návrh variantních sanačních opatření

„Při studiu svahových deformací je velmi důležité rozpoznat podmínky, které způsobují náchylnost území k sesouvání, a faktory, které pohyb bezprostředně vyvolaly. Náchylnost svahu k sesouvání je dána geologickou strukturou, vlastnostmi hornin, hydrogeologickými poměry a stavem morfologického vývoje území“ [5]. Návrh zabezpečení svahu je tak podmíněn přesnou analýzou skutečného stavu sesuvného území.

Při provádění sanačních prací by měl být dodržován určitý řád naléhavosti opatření. V první řadě by mělo dojít k realizaci takových opatření, jež zpomalí, nebo zastaví sesouvání svahu. Následně je vhodné realizovat zdoluhavější opatření. Návrh možných sanačních opatření a jejich vhodnost pro určité hydrogeologické a geologické poměry dle Záruby a Mencla jsou uvedeny dále.

4.1 Úprava tvaru svahu

Tento způsob zvyšuje stabilitu svahu buď odtěžením horniny v horních polohách svahu, nebo přitížením paty svahu. Při užití tohoto způsobu je nutná znalost způsobu deformace svahu a znalost vlastností horninového masívu. U málo pevných hornin, jakými jsou například měkké jíly, je v případě realizování přísypu nutno uvažovat větší objemové množství zemin. V případě realizace přísypu, se doporučuje jeho oddrénování, například vrstvou propustné zeminy. Sanační opatření je vhodné pro řešení případ a bude dále analyzováno.

Dalším typem úpravy povrchu svahu je ochranný přísyp. Přisypáním vrstvy propustné zeminy například šterku, zabráníme promrzání svahu v zimním období a dojde k povrchovému odvodnění. Při správné realizaci přísypu je možno zvýšit stabilitu svahu. Zvýšení stability je dosaženo zvýšením efektivního napětí v kritické oblasti a tím i zvýšení smykové únosnosti. Tloušťka vrstvy přísypu by měla být dostatečná pro zabránění promrzání. Také je nutné uvažovat s poklesem pevnosti po odlehčení. V případě použití většího množství zemin se z ochranného přísypu stává přitěžovací lavice.

Prostor v patě svahu umožňuje případnou realizaci tohoto řešení a bude modelováno ve třech variantách. První z nich bude řešit částečnou změnu sklonu svahu, u druhé varianty dojde k celkové změně sklonu svahu a třetí variantou bude přitěžovací lavice.

4.2 Odvodnění sesuvů

Odvodnění sesuvů by mělo být jedním z prvních stabilizačních opatření, jedná se jednak o odvodnění povrchové, které může být v první fázi realizováno například zadusáváním povrchových trhlin. Dále je to odvodnění hloubkové, které je v první fázi sanace svahu realizováno například čerpáním vody z okolních studní.

4.2.1 Povrchové odvodnění

Ve většině případů je nutné nejdříve upravit povrch sesuvného území, na kterém se nacházejí deprese, či trhliny, které mohou zadržovat vodu. Tímto způsobem je svah zabezpečen proti zadržování vody na svém povrchu a možnému vnikání této vody do tělesa svahu. V další fázi je třeba lokalizovat a odvést všechny povrchové přítoky, které se proudí na sesuvném území. Prameny vyvěrající na sesuvném území je nutné zachytit a odvést jejich tok mimo sesuvné území. V první fázi je možno jako provizorium pro odvodnění použít trubky, následně po uklidnění sesuvu je vhodné k odvedení vod využít trvalejší řešení. Pro odvedení sněhových a dešťových vod je možno použít otevřené příkopy, nebo betonové tvárnice. Dále se povrchová odvodnění na sesuvném území doplňuje o obvodové příkopy nad odlučnou oblastí, které odvádějí vody z území nad horní částí svahu mimo sesuvné území.

Povrchová voda byla identifikována jako jeden z hlavních důvodů svahové nestability a tudíž je vhodné toto sanační řešení analyzovat, popřípadě ho kombinovat s dalšími možnými úpravami. Realizace proběhne modelací svahu s parametry hornin odpovídajícími nezvodněnému stavu.

4.2.2 Hloubkové odvodnění

„Odvodnění v hloubce svahu je jedním z prvořadých opatření jak při stabilizaci sesuvů, tak i při zabezpečování umělých svahů.“[5] Kombinace hloubkového odvodnění kombinované s přísypy pak umožňuje budování svahů o větších sklonech, což je vhodné z hlediska menších záborů pozemků například pro výkopy.

Hloubkově lze svah odvodňovat pomocí čerpacích studní. V tomto případě je možné využít vrty průzkumných prací, ty musí být ovšem o větším průměru. Čerpací studny je vhodné budovat v případech, kdy by byly vodorovné vrty náročné, nebo kde je riziko jejich ucpání. V případě, že se okolo sesuvného území nacházejí již zbudované studny, je vhodné je odčerpávat a snižovat tak hladinu podzemní vody.

Dalším případem hloubkového odvodnění mohou být drenážní štoly. Tyto štoly byly budovány především při realizaci velkých železničních děl. Umožňovaly dobrý geologický i hydrogeologický průzkum, ale jsou několika násobně dražší než ostatní sanační opatření.

Vodorovné drenážní vrty umožňují hloubkové odvodnění svahu horizontálně vyvrtanými vrty. Vrty jsou realizovány většinou do vrchně s mírným sklonem, což snižuje možnost zanesení vrtu. Při realizaci vrtů je vhodné vrty dovést až do propustné vrstvy v pozadí svahu a pokračovat v této vrstvě. Tak je docíleno zvýšeného odvádění vody, než by tomu bylo v případě ukončení vrtu v méně propustné vrstvě.

Jelikož ve svahu není uvažována podzemní voda, pouze vliv povrchových srážkových vod, není nutné se zabývat hloubkovým odvodněním celého odřezu, může však být uplatněno při odvodnění některých sanačních konstrukcí.

4.3 Sanace sesuvů rostlinným porostem

Sanace tímto způsobem je vhodná u mělčích sesuvů, jelikož hlubší sesuvy není schopen rostlinný porost zadržet. Přesto je vhodné sanaci u hlubších sesuvů realizovat, protože je schopna částečně omezit pronikání vody do svahu. Sanace je zdlouhavějšího charakteru a je vhodné ho realizovat až po částečném uklidnění sesuvu. Obecně je vhodné svah osazovat porostem s hlubšími kořeny a zároveň porostem mající větší spotřebu vody.

Rostlinný porost je vhodným řešením z dlouhodobého hlediska a tudíž se nabízí jeho kombinace s konečným sanačním řešením. Modelace těchto kombinací nebude realizována.

4.4 Zárubní zdi a stavby podobného charakteru

Zárubní zdi jsou budovány pro ochranu paty svahu. Odpor proti přetvoření svahu je tvořen převážně jejich tíhou. Při budování těchto konstrukcí je vhodné odvodnění paty sesuvu. Verzí opěrné zdi může být i konstrukce gabionové stěny. Tyto konstrukce jsou propustné a částečně tak odvodňují patu svahu, ve kterém jsou zbudovány. Jsou tvořeny konstrukcí z pletiva, které je zpravidla vyplněno lomovým kamenem, recyklátem, či zeminou.

Gabionové zdi jsou častou variantou řešení těchto poruch, proto bude tato varianta podrobena numerické analýze. Samotná zeď bude na rubu odvodněna a kombinována s povrchovým odvodněním v partiích nacházejících se nade zdí.

4.5 Svorníky a zemní kotvy

Tato sanační metoda využívá pro stabilizaci svahu kotevních prvků. Může se jednat o svorníky, kotvy nebo hřebíky. Při stabilizaci svahu pomocí svorníků se do svahu zvrstávají poměrně krátké kotevní tyče, které jsou do svahu ukotveny. Svorníky lze po instalaci předpínat, pokud je to vhodné. U zemních kotev se jedná o táhla, která jsou hluboko zakotvena. Kořen kotvy, který je zakotven v hornině, přenáší tahové napětí vyvozené ve zhlaví kotvy.

Hřebíkování je pak metodou zpravidla využívanou v zeminách. Ta je vyztužována v přirozeném uložení zpravidla hustou sítí táhel. Táhla jsou většinou tvořena betonářskou ocelí o různém průměru. Hřebíkování je možné kombinovat se stříkaným betonem a následným kotvením hřebíků do této vrstvy stříkaného betonu. Hřebíky mohou být do zeminy zaráženy, nebo zavrtávány s dodatečnou cementovou zálivkou. Odlišnost hřebíků od zemních kotev je pak v přenosu sil do horniny. Hřebíky přenáší zatížení do zeminy celou svojí délkou.

Sanační řešení hřebíkováním bude modelováno pomocí hřebíků tvořenými tyčemi betonářské oceli s přihlédnutím k variantě modelování pomocí přepočítání pevnostních parametrů zemin v závislosti na hustotě prohřebíkování.

4.6 Stabilizace svahů pilotami a štětovými stěnami

U pilot budovaných pro stabilizaci svahu, je jejich kořen zavrtáván hluboko pod smykovou plochu, aby byla zaručena její stabilita. Zpravidla se jedná o velkopůměrové piloty s výztuží z betonářské oceli pro lepší přenesení vodorovného napětí, jež na ně působí. Při větším zatížení je možno použít více řad pilot, nebo je zakotvit do svahu.

„Ocelové štětové stěny jsou málo používány ke stabilizaci sesuvů a svahů výkopů. Vzhledem k menšímu odporu je jejich výška omezena na 3,5m, kdy se již stěna značně ohýbá“ [5]. Štětové stěny lze použít k rychlé stabilizaci u menších sesuvů. Jelikož jsou štětové stěny nepropustné, je vhodné jejich rub odvodnit. Vyšší stěny je možné ztužovat kotvením.

Stabilizace štětovnicovými stěnami a pilotami je nákladnějším řešením, které přichází v úvahu v případě, že ekonomičtější varianty jsou nedostačující.

4.7 Zpevňování zemin

U těchto metod lze zeminy upravovat mechanicky, nebo pomocí pojiv. V případě mechanické úpravy zemin jsou zpravidla do zemin vkládány nové materiály. Ty mají za úkol zlepšovat vybrané parametry zemin.

Při úpravě zemin pomocí pojiv je zemina smíchána pomocí strojního zařízení s vybraným pojivem. Výběr pojiva záleží na požadovaném zpevnění zeminy. Jako pojiva se používá vápna, portlandského cementu, směsných pojiv, nebo jiných speciálních pojiv.

Pro zpevnění zemin lze použít i některých speciálních metod jako je elektroosmóza, termické zpevňování zemin, nebo zmrazování zemin. Použití těchto metod je velice nákladné a není jich tak často využíváno.

Metoda je v podmínkách vyskytujících se na zájmovém území použitelná, vyžadovala by však dopravu speciálních strojních zařízení a přípravu pracovní plochy a příjezdové komunikace. Je tedy podmíněčně použitelná a nebude pro tuto situaci uvažována.

4.8 Rozrušování smykových ploch

Jelikož má zemina poměrně malý odpor na kluzné ploše sesuvu svahu ve srovnání s okolní zeminou, je teoreticky možné rozrušení této hladké plochy pomocí trhavin. Metoda je použitelná, pokud se například sesuvná plocha nachází ve styku se skalní horninou. Lze předpokládat, že dojde k nakypření horniny detonací a ke smíchání skalní horniny se zeminou nacházející se nad ní, jež povede ke zvýšení smykové pevnosti.

Sanační metoda je teoretického rázu, v našich poměrech se jí příliš neužívá, je ale často používaná například v USA. Jelikož hrozí riziko ohrožení celkové stability odřezu a bezpečnosti provozu na přiléhající komunikaci. Neuvažuje se o její realizaci.

5 Modelová analýza navržených sanačních opatření

Každé sanační opatření bylo modelováno pomocí software Plaxis. Základním modelem pro každou sanaci byl model zpřesnění inverzní analýzou. Výstupem sanačních opatření bylo grafické znázornění sítě deformace, čerpání smykové pevnosti a kritické smykové plochy a hodnota stupně stability.

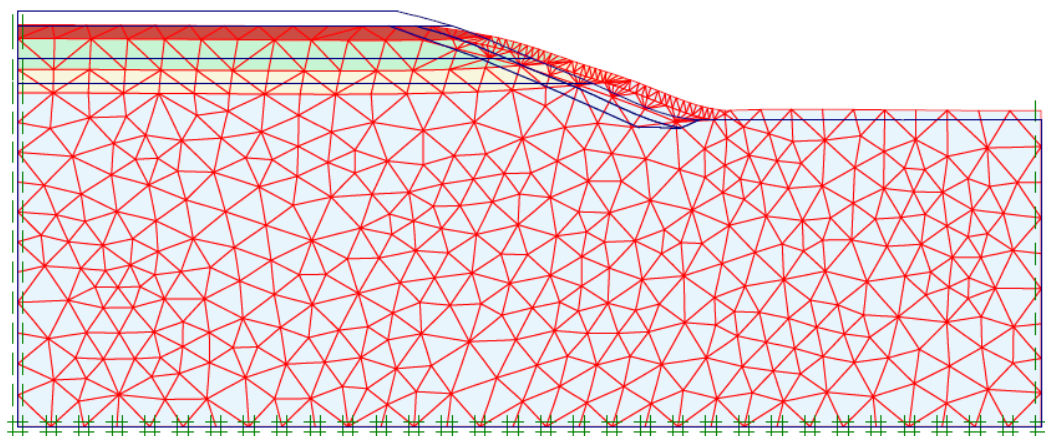
5.1 Povrchové odvodnění

Toto sanační řešení by bylo realizováno pomocí záchytného drénu nad hranou svahu, v kombinaci s podélnými žebry o délce přesahující oblast svahové deformace v počtu tří žeber. Spodní část svahu je zakončena odvodňovacím žlabem. Simulace povrchového odvodnění je pomocí změny parametrů hornin ve svahu. Použité parametry hornin jsou zobrazeny v tabulce 5. Jedná se o parametry odpovídající nezvodněnému stavu, stanovené v kapitole 3.3 tvorba modelu svahu.

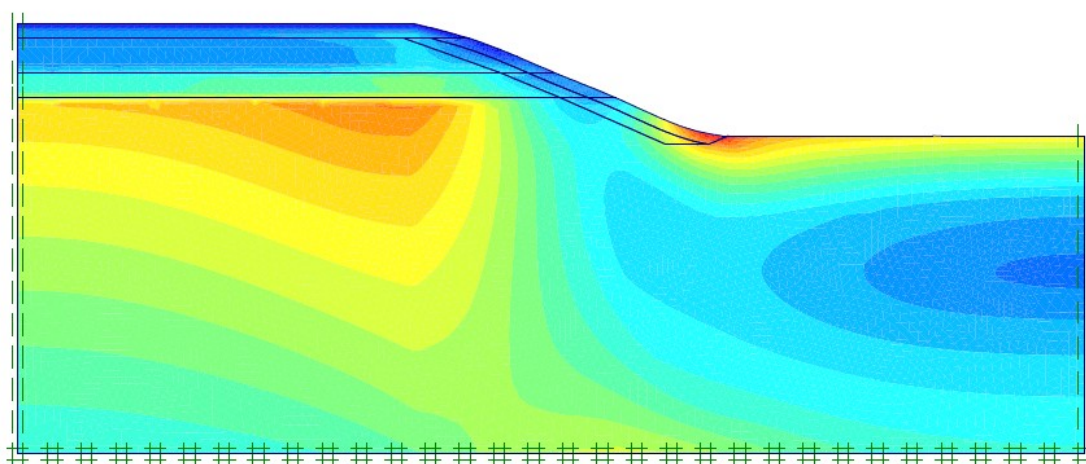
Tabulka 5 Parametry hornin pro povrchové odvodnění, Zdroj: vlastní

Třída dle ČSN 73 1001	Typ horniny dle ČSN 73 1001	Hornina dle průzkumu	Konzistence	Geneze	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	μ	c' [kN/m ²]	ϕ' [°]
F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovitá hlína	Tuhá až pevná	Ornice	18,5	3452	0,36	14	0
F6/C1	Nízko plastický jíl	Jílovitá hlína	Tuhá	Deluvim	21	3313	0,4	16	0
F4	Písčitý jíl	Písčitá hlína	Pevná	Eluvium	18,5	8000	0,35	20	8
F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovec	Pevná	Eluvium	21	16000	0,39	20	10

Proces výpočtu byl stejný jako v případě popisu výpočtu při tvorbě modelu. Na základní geometrii byla pomocí automatického generátoru vygenerována síť konečných prvků s jemným členěním. Pak bylo automaticky vygenerováno pórové a efektivní napětí. V kalkulačním modulu byly vytvořeny dvě výpočetní fáze. První fáze byl plastický výpočet, výstupem této fáze je síť posunů (viz obr. 21) a znázornění čerpání smykové pevnosti (viz obr. 22).

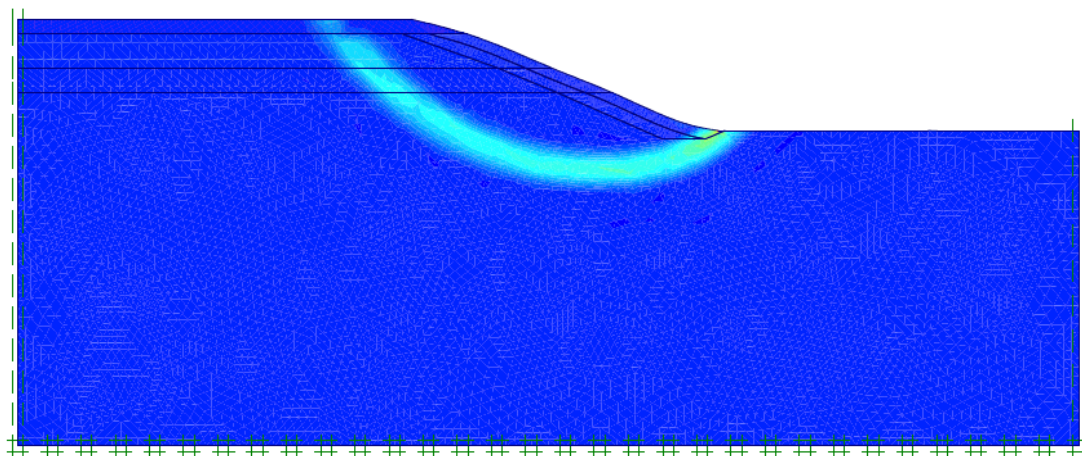


Obrázek 21 Sít' posunů při aplikaci povrchového odvodnění, Zdroj: vlastní



Obrázek 22 Čerpání smykové pevnosti při aplikaci povrchového odvodnění, Zdroj: vlastní

V druhé fázi byl proveden výpočet pomocí ϕ/c reduction, výsledkem tohoto výpočtu je zobrazení kritické smykové plochy (viz obr. 23) a vypočítaný stupeň stability $F=1,95$.



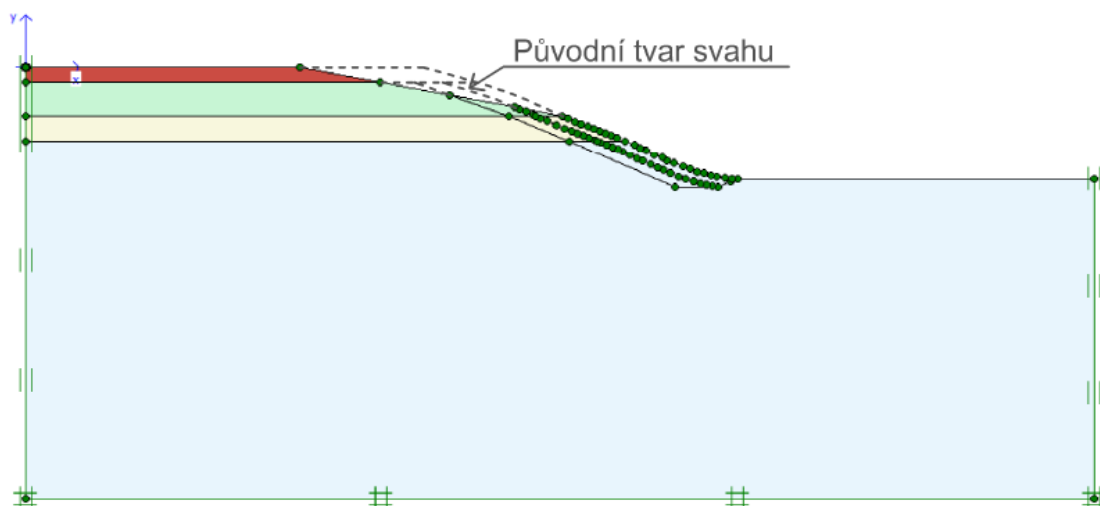
Obrázek 23 Kritická smyková plocha při aplikaci povrchového odvodnění, Zdroj: vlastní

5.2 Úprava tvaru svahu

Svah byl upravován ve třech variantách a to částečnou změnou tvaru, celkovou úpravou sklonu svahu a přítěžovací lavicí. Všechny tyto varianty byly kombinovány s povrchovým odvodněním.

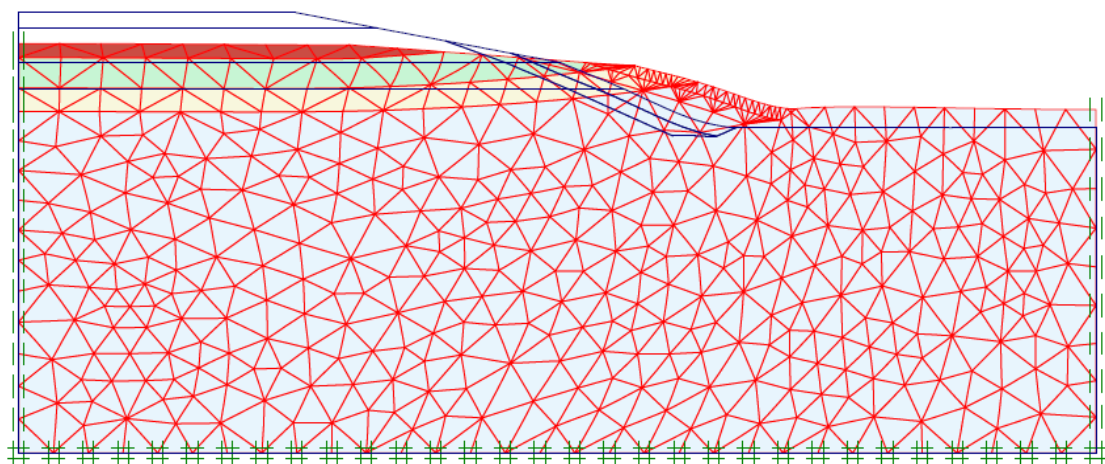
5.2.1 Částečná změna tvaru svahu

V první variantě, byl sklon svahu pozměněn v horní části, došlo ke snížení sklonu svahu (viz obr. 24). Čárkovaně je naznačena původní geometrie. Sanační opatření bylo kombinováno s povrchovým odvodněním, a proto jsou v modelu použity parametry hornin jako v případě povrchového odvodnění.

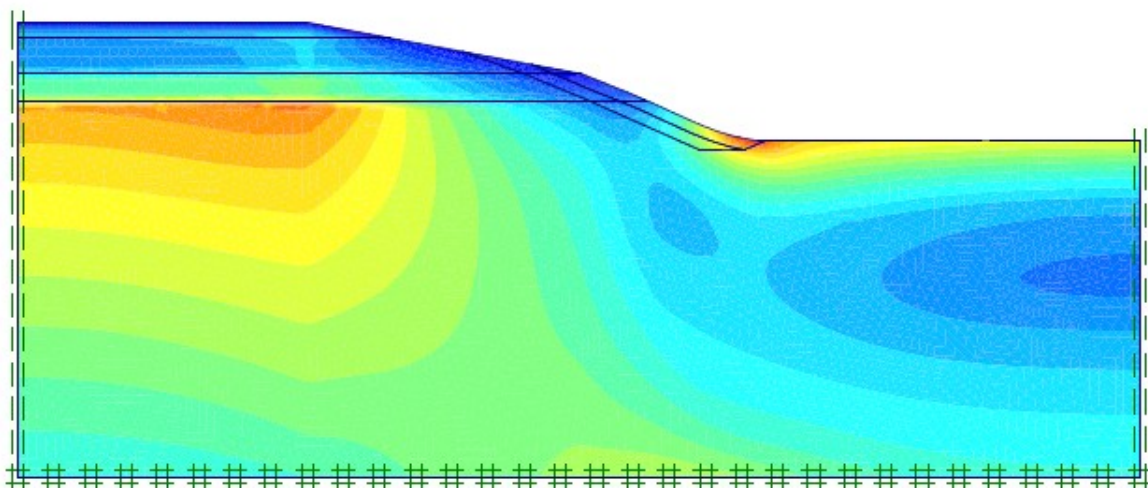


Obrázek 24 Změna tvaru svahu, Zdroj: vlastní

Proces výpočtu byl stejný jako v předchozí variantě sanačního patření. V kalkulačním modulu byly vytvořeny dvě výpočetní fáze. První fáze byl plastický výpočet, výstupem této fáze je síť posunů (viz obr. 25) a znázornění čerpání smykové pevnosti (viz obr. 26).

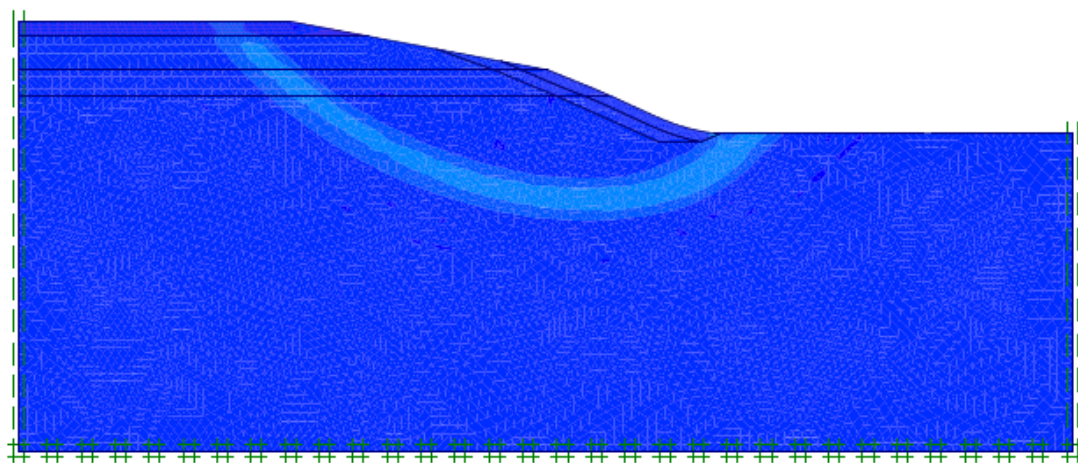


Obrázek 25 Síť posunů při aplikaci částečné změny geometrie, Zdroj: vlastní



Obrázek 26 Čerpání smykové pevnosti při aplikaci částečné změny geometrie, Zdroj: vlastní

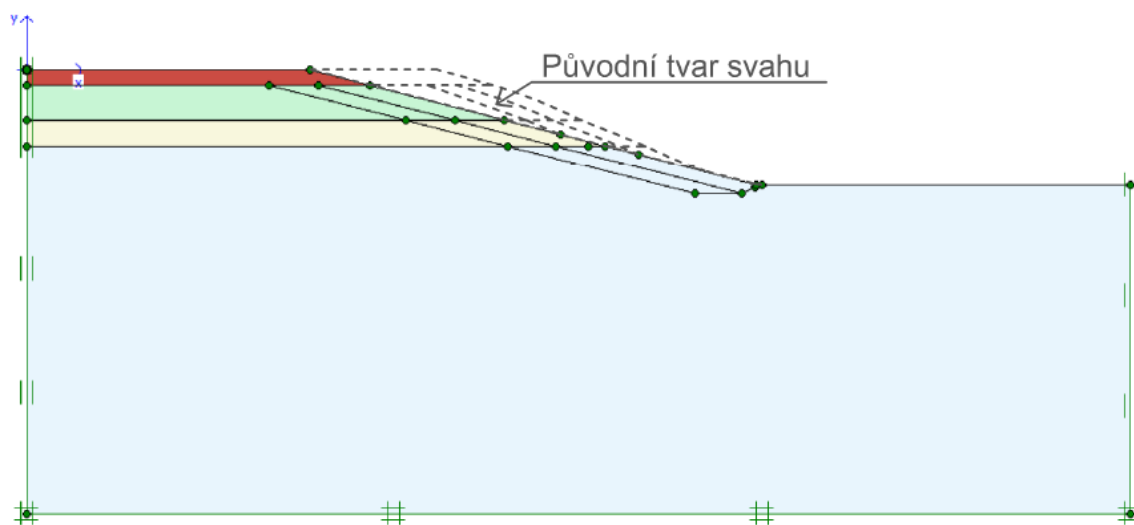
Druhá fáze výpočtu byla ϕ/c reduction, stupeň stability byl vypočten jako $F=2,28$ a vykreslení smykové plochy je na obrázku 27. Tvar kritické smykové plochy je podobný jako u povrchového odvodnění, taktéž čerpání smykové pevnosti je největší v patě svahu. Použití této metody by bylo pravděpodobně podmíněno nutností záboru přiléhající plochy, jelikož má metoda větší prostorové nároky.



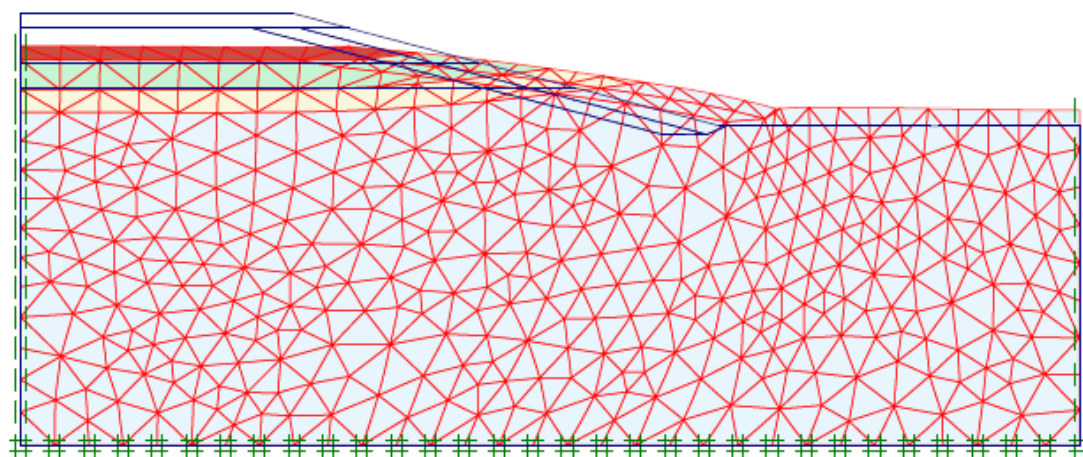
Obrázek 27 Kritická smyková plocha při aplikaci částečné změny geometrie, Zdroj: vlastní

5.2.2 Celková změna sklonu svahu

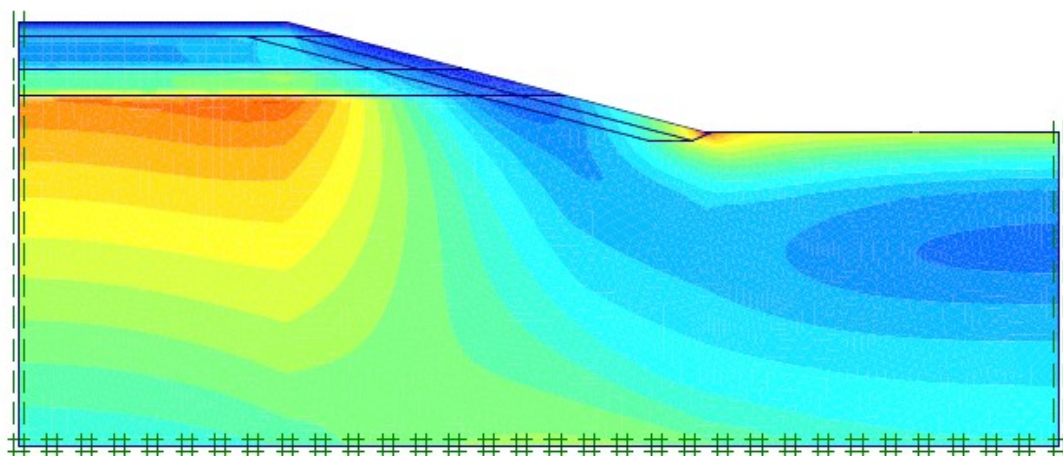
V případě této varianty sanačního patření byl celkový sklon svahu snížen (viz obr. 28) a kombinován s povrchovým odvodněním. Parametry hornin jsou proto stejné jako v případě povrchového odvodnění. Při výpočtu byly definovány opět dvě výpočetní fáze, výstupem plastického výpočtu je síť posunů (viz obr. 29) a zobrazení čerpání smykové pevnosti (viz obr. 30).



Obrázek 28 Celková změna tvaru svahu, Zdroj: vlastní

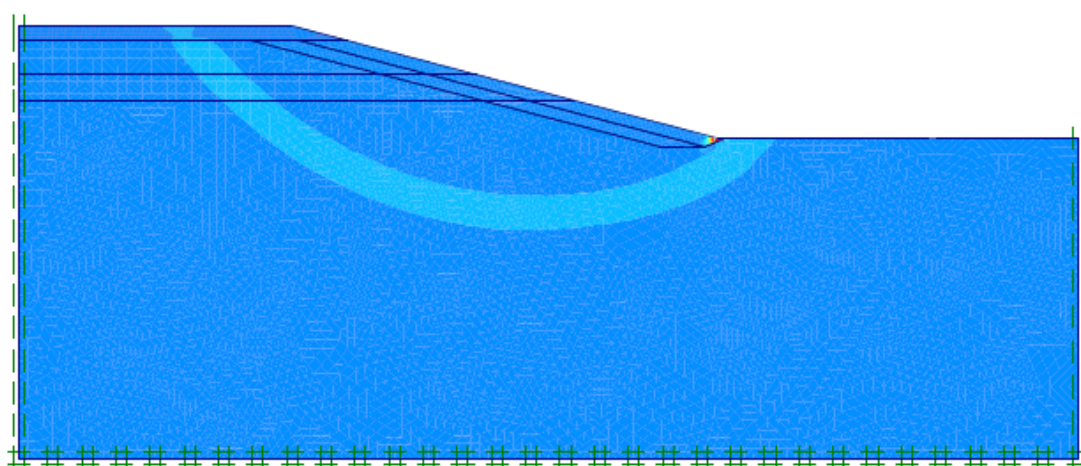


Obrázek 29 Sít' posunů při celkové změně sklonu svahu, Zdroj: vlastní



Obrázek 30 Čerpání smykové pevnosti při celkové změně sklonu svahu, Zdroj: vlastní

Druhá fáze byla tvořena výpočtem podle ϕ/c reduction. Výstupem této fáze je zobrazení průběhu smykové plochy (viz obr. 31) a vypočítaný stupeň stability $F=2,36$.

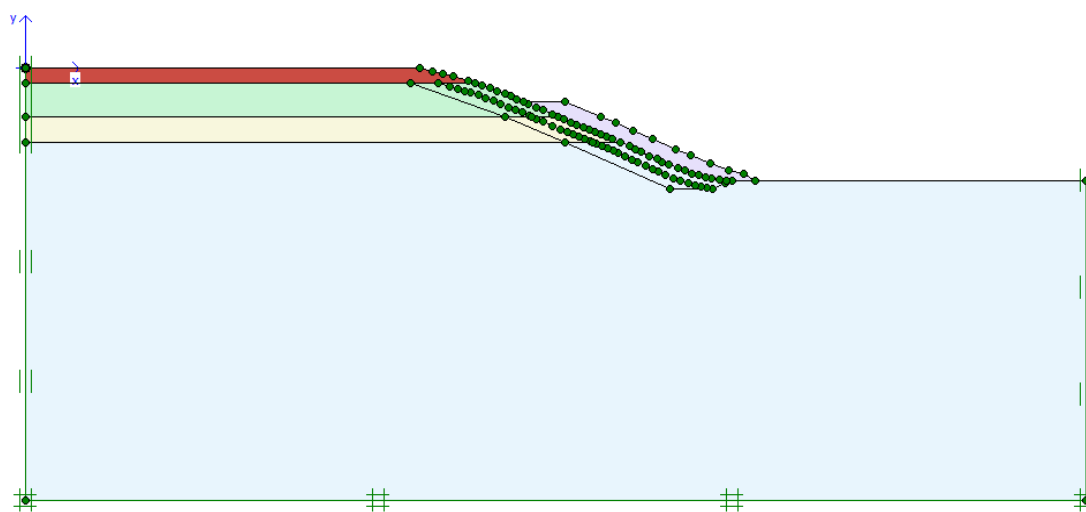


Obrázek 31 Zobrazení smykové plochy při celkové změně sklonu svahu, Zdroj: vlastní

Při zobrazení s využitím automatického měřítka pro škálu smykových deformací, nebyla smyková plocha zřetelná, muselo být tedy měřítko ručně upraveno. Kritická smyková plocha lokálního charakteru se nachází v patě svahu, kde se pravděpodobně jedná o vytlačování části horninové vrstvy. Použití této metody je stejně jako v případě částečné změny sklonu svahu podmíněno záborem okolní plochy, jelikož je sanační úprava prostorově náročnějšího charakteru.

5.2.3 Stabilizace přítěžovací lavicí

Třetí varianta změny geometrie svahu je stabilizace pomocí přítěžovací lavice. Geometrie lavice je zobrazena na obrázku 32. Lavice je tvořena hrubozrnným štěrskem s parametry zobrazenými v tabulce 6. Lavice má mocnost přibližně 2m a je navržena přes celou délku deformovaného území. Sanační opatření je kombinováno s povrchovým odvodněním, tudíž jsou parametry zemin stejné jako v předchozích případech. Materiál pro štěrk byl pro výpočet změněn z Mohr-Coulomba na elastický.

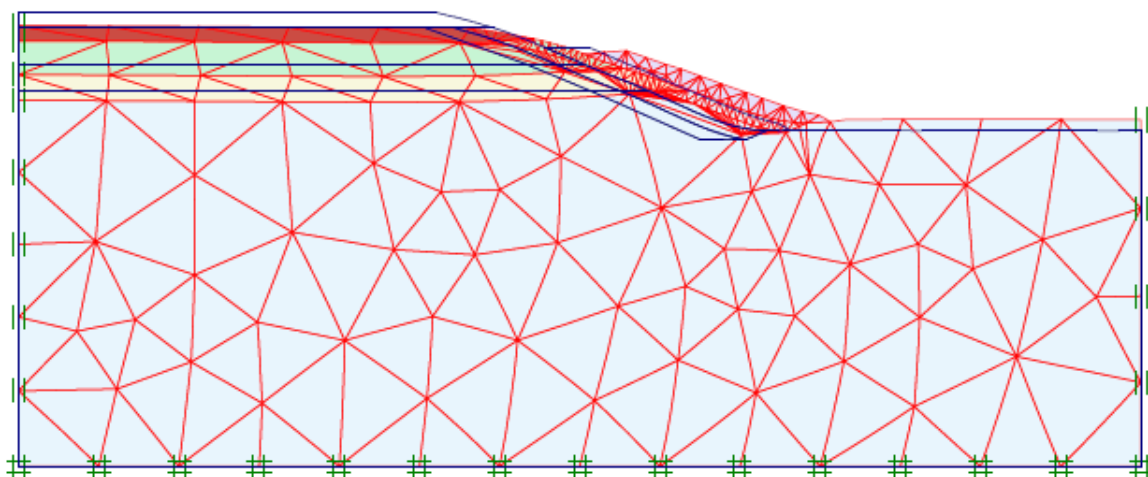


Obrázek 32 Geometrie přítěžovací lavice, Zdroj: vlastní

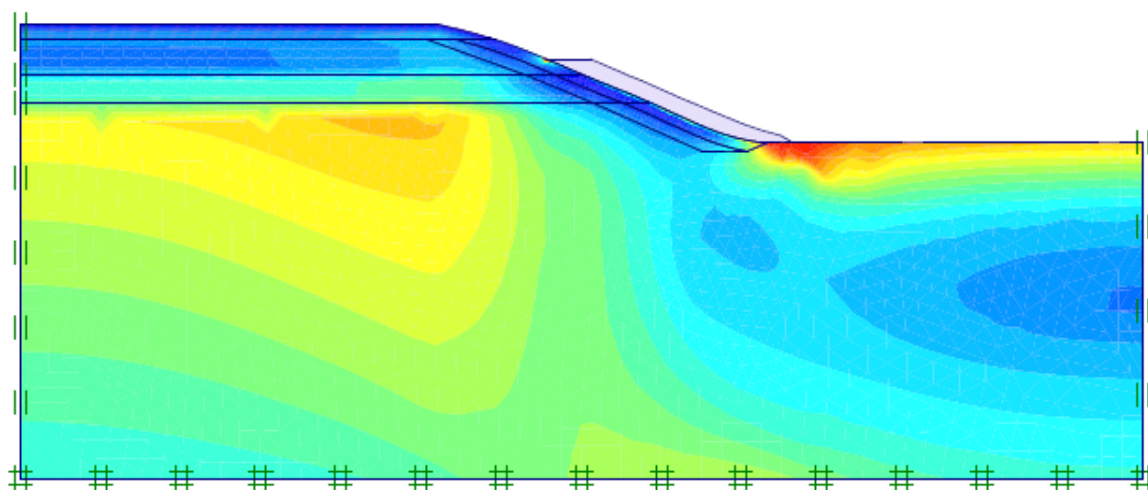
Tabulka 6 Parametry štěrku pro přítěžovací lavici, Zdroj: Vlastní

Třída dle ČSN 73 1001	Typ horniny dle ČSN 73 1001	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	μ	c' [kN/m ²]	ϕ' [°]
G1	Štěrk dobře zrněný	21	300000	0,2	0	38

V první fázi byla plastickým výpočtem stanovena síť posunů (viz obr. 33) a čerpání smykové pevnosti (viz obr. 34). Je zde patrné, že dochází k čerpání smykové pevnosti v místě ukončení přítěžovací lavice, což by mohlo negativně ovlivňovat přiléhající komunikaci.

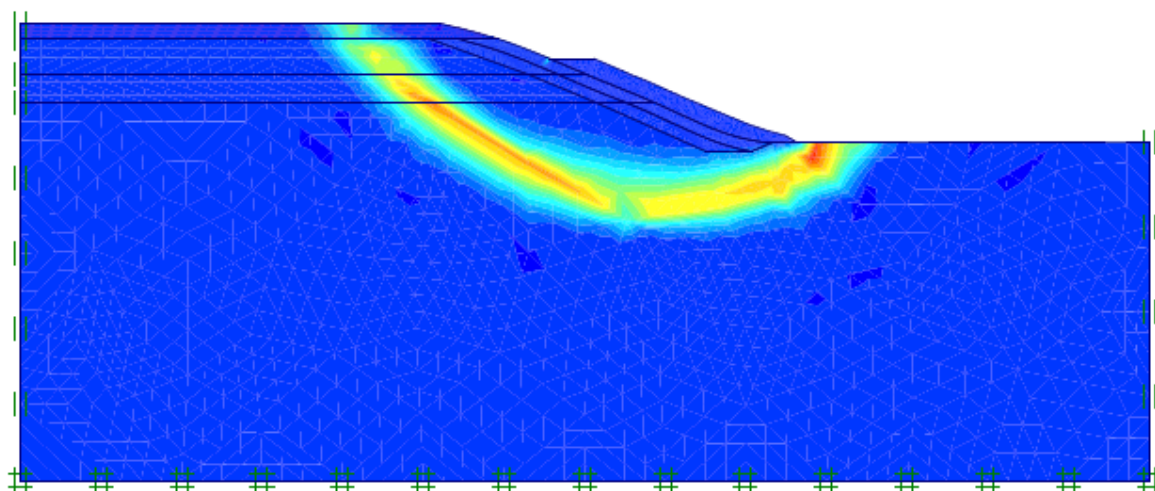


Obrázek 33 Sít' posunů při aplikaci přítěžovací lavice, Zdroj: vlastní



Obrázek 34 Čerpání smykové pevnosti posunů při aplikaci přítěžovací lavice, Zdroj: vlastní

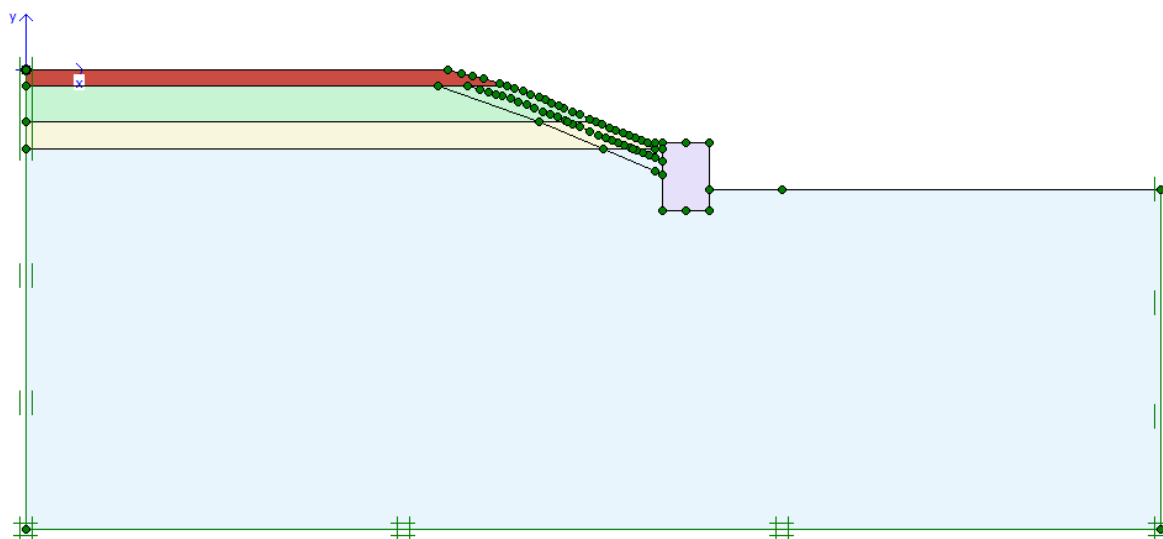
Druhá fáze výpočtu pomocí phi/c reduction zobrazuje na obrázku 35 tvar smykové plochy. Je patrné, že stejně jako u čerpání smykové únosnosti, došlo k přesunutí kritické smykové plochy za oblast opření přítěžovací lavice. Stupeň stability je v tomto případě sanačního opatření stanoven jako $F=2,12$. V tomto případě však hrozí riziko, že se případně deformace při usmýknutí svahu přesunou až do konstrukce vozovky, což je nepřijatelné.



Obrázek 35 Tvar kritické smykové plochy při aplikaci přitěžovací lavice, Zdroj: vlastní

5.3 Stabilizace svahu pomocí gabionové zdi

Gabionová zeď byla navržena u paty svahu s rozměry 3m na výšku a 2m na šířku (viz obr. 36), probíhající přes celou oblast ohroženou sesouváním. Materiál pro zeď byl modelován lineárně elasticky pomocí štěrku dobře zrněného (viz tab. 7). Zeminy použité v modelu jsou charakteru nezvodněného, jelikož bylo sanační řešení kombinováno s povrchovým odvodněním.

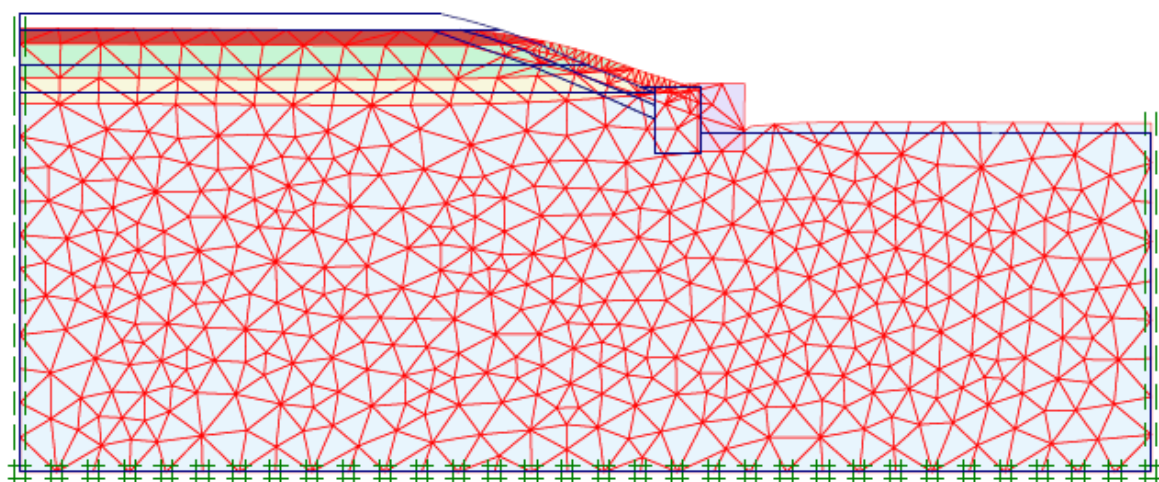


Obrázek 36 Geometrie svahu s gabionovou zdí, Zdroj: vlastní

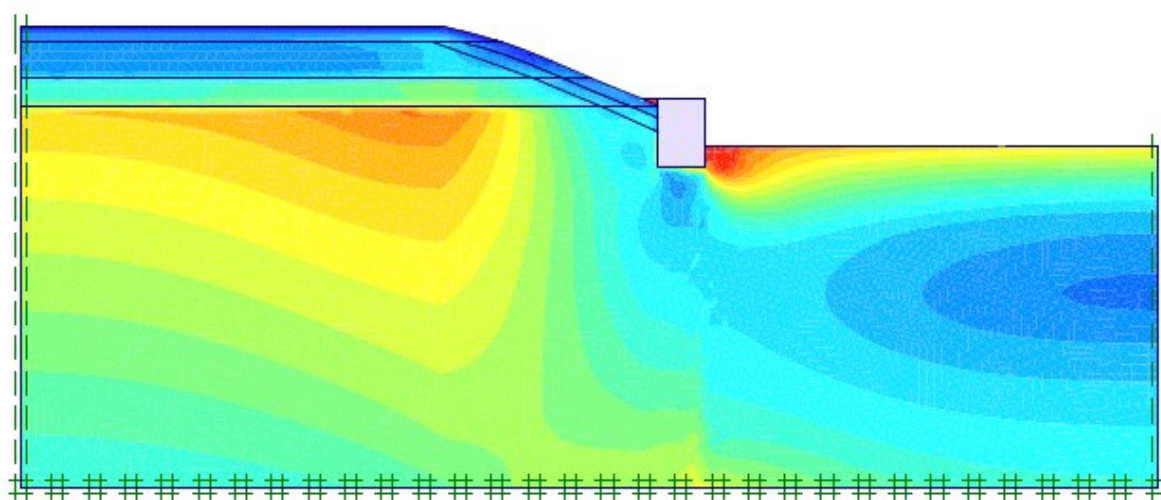
Tabulka 7 Materiál gabionové zdi, Zdroj: vlastní

Třída dle ČSN 73 1001	Typ horniny dle ČSN 73 1001	γ [kN/m ³]	E [kN/m ²]	μ
G1	Štěrk dobře zrněný	21	400000	0,2

Výpočet byl opět dělen na dvě fáze, plastickým výpočtem byla stanovena síť posunů (viz obr. 37) a čerpání smykové pevnosti (viz obr. 38). Z grafických výstupů je patrné, že dochází k posunu gabionové zdi a při tomto pohybu je vytlačována zemina z líce zdi.

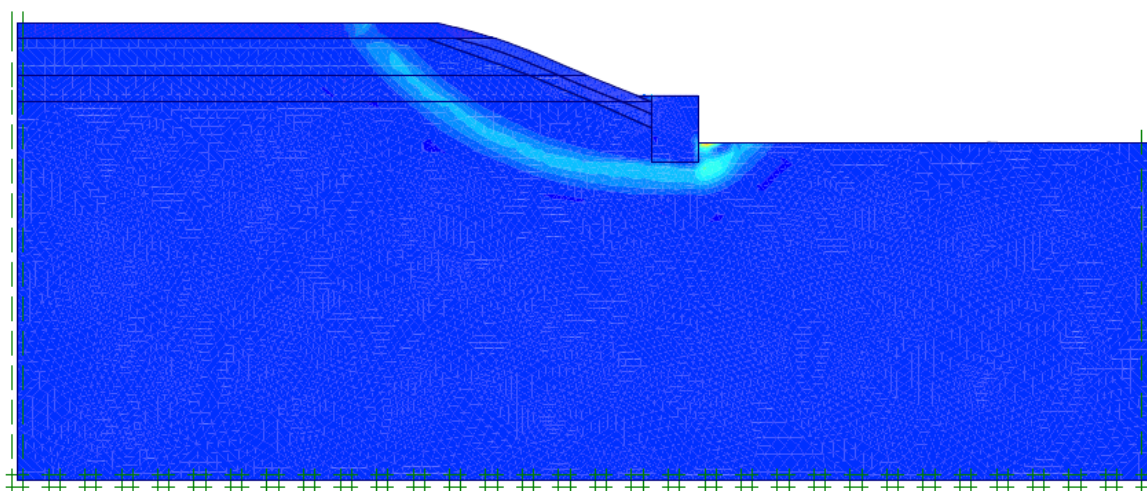


Obrázek 37 Sít' posunů při použití gabionové stěny, Zdroj: vlastní



Obrázek 38 Čerpání smykové únosnosti při použití gabionové stěny, Zdroj: vlastní

Druhá fáze výpočtu pomocí phi/c reduction zobrazuje průběh smykové plochy (viz obr. 39). Je patrné, že kritická smyková plocha je lokálního charakteru způsobená vytlačováním zemin na lici gabionové zdi. Stupeň stability $F=1,87$ je tímto vytlačováním zemin značně ovlivněn. V případě realizování této varianty, by měla být zeď doplněna o drenážní systém na svém rubu.



Obrázek 39 Zobrazení smykové plochy při použití gabionové zdi, Zdroj: vlastní

5.4 Stabilizace svahu pomocí hřebíkování

Tento způsob sanace byl řešen ve dvou variantách. První způsob řešil systém prohřebíkování pomocí vložení kotev do modelu. Materiál hřebíků byl zvolen jako betonářská ocel 10 216 s modulem pružnosti $E=210$ GPa a mající průměr 4cm. Sít hřebíků byla tvořena šachovnicově 1x1m. Takto vytvořený model vykazoval velice malý nárůst stupně stability, konkrétně byl stupeň stability stanoven jako $F=1,02$.

Proto byl zvolen jiný způsob výpočtu. Jedná se o způsob uvedený ve Sborníku vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické university Ostrava [6]. V této práci je zdokumentována závislost mezi mírou prohřebíkování, únosností, úhlem vnitřního tření a nárůstem soudržnosti prohřebíkových hornin. Vztah je zobrazen ve vzorci (2).

$$c' = \frac{1 + \sin \varphi}{2 * \cos \varphi} * \frac{P}{F}$$

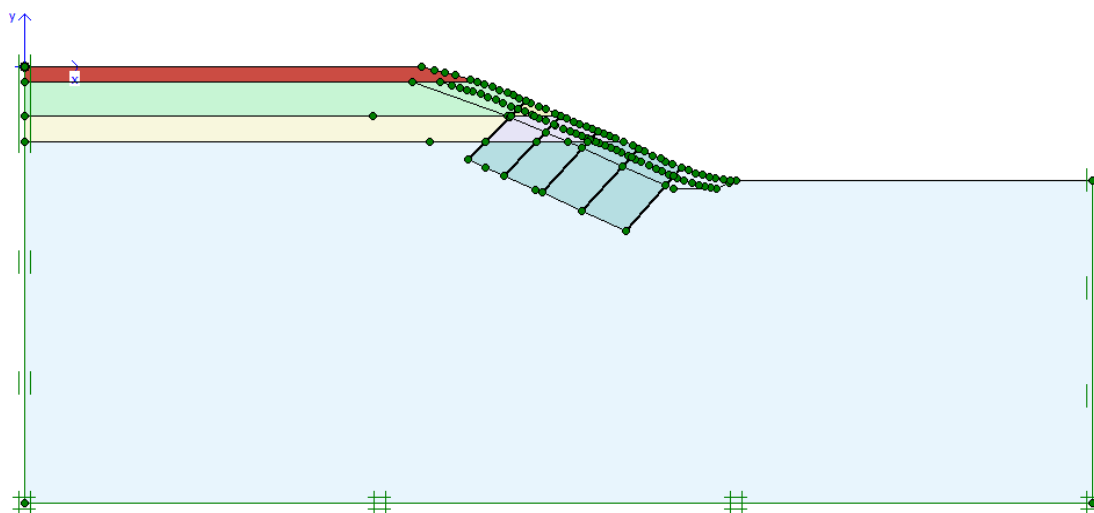
Vzorec 2 Rovnice pro výpočet nárůstu soudržnosti

V tomto vzorci znázorňuje F plochu příčného průřezu svahu připadající na jeden hřebík. P je únosnost kotvy a φ je úhel vnitřního tření prohřebíkované horniny. Pro konkrétní výpočet bylo zvoleno šachovnicové prohřebíkování 2x1m, kotvy byly zvoleny jako Titan 30/11 o únosnosti 150 kN a úhel vnitřního tření závisel na počítané hornině. Výsledky nárůstu soudržnosti jsou zobrazeny v tabulce 8.

Tabulka 8 Přepočítaná soudržnost prohřebíkových zemin, Zdroj: vlastní

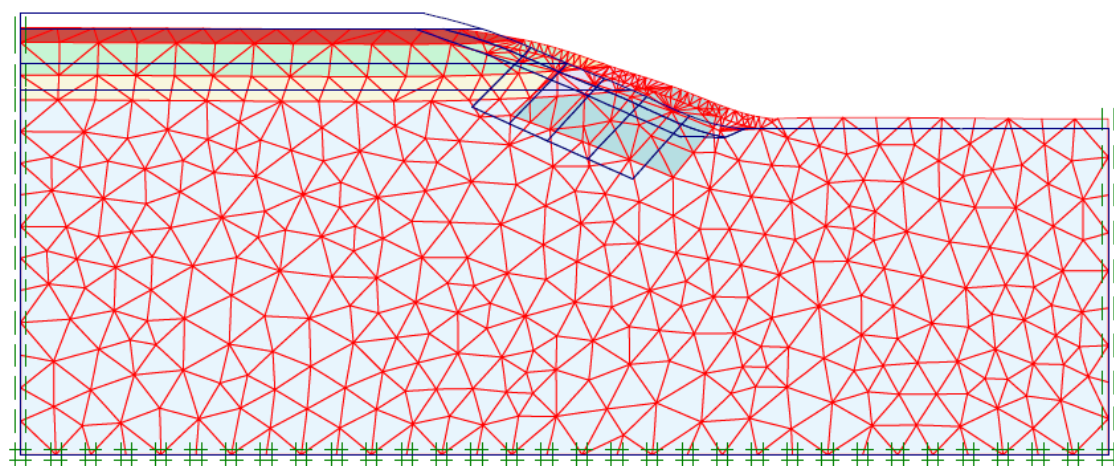
	Třída dle ČSN 73 1001	Typ horniny dle ČSN 73 1001	Hornina	φ' [°]	Přepočítané c' [kN/m ²]
1. Vrstva	F6/C1	Nízko plastický jíl	Jílovitá hlína	0	37,50
	F4	Písčitý jíl	Písčitá hlína	0	37,50
	F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovec	0	37,50
2. Vrstva	F6/C1	Nízko plastický jíl	Jílovitá hlína	0	37,50
	F4	Písčitý jíl	Písčitá hlína	0	37,50
	F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovec	2	38,83
Hornina uvnitř svahu	F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovitá hlína	0	37,50
	F6/C1	Nízko plastický jíl	Jílovitá hlína	0	37,50
	F4	Písčitý jíl	Písčitá hlína	8	43,14
	F6/C1	Nízko plastický jíl	Prachovec	10	44,69

Nově stanovené hodnoty soudržnosti pro prohřebíkované horniny byly použity v modelu sanace prohřebíkováním. V dalším kroku bylo přistoupeno ke kombinaci tohoto způsobu sanace s povrchovým odvodněním. Geometrie modelu je zobrazena na obrázku 40, kotvy jsou v modelu zobrazeny pouze pro určení hranice prohřebíkování, nemají žádnou statickou funkci v dalším výpočtu.

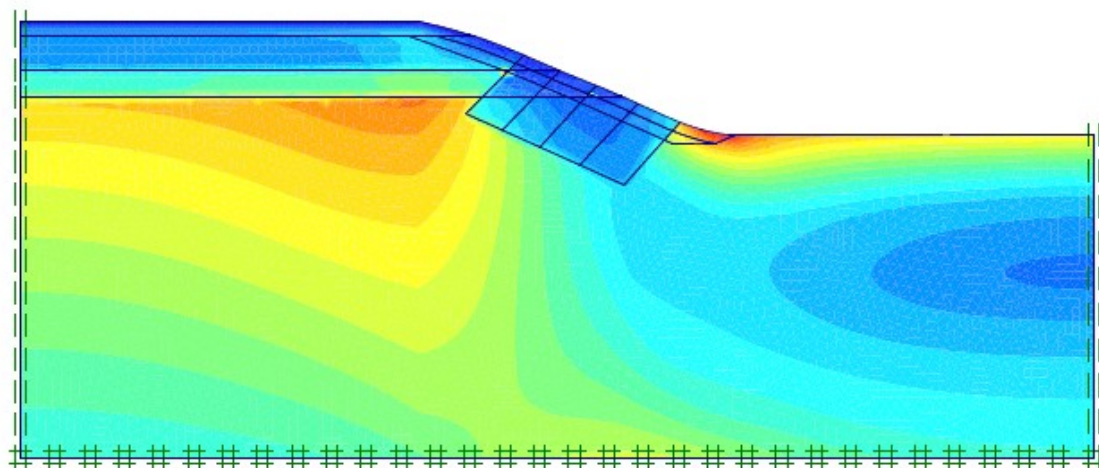


Obrázek 40 Geometrie prohřebíkováného svahu, Zdroj: vlastní

Tento model byl při výpočtu rozdělen na dvě fáze. V první fázi byla pomocí plastického výpočtu stanovena síť posunů (viz obr. 41) a čerpání smykové pevnosti (viz obr. 42). Z těchto dvou výstupů je patrné, že se prohřebíkováná zemina nedeformuje a dochází k jejímu posunu jako celku, což má za následek větší čerpání smykové pevnosti v patě svahu.

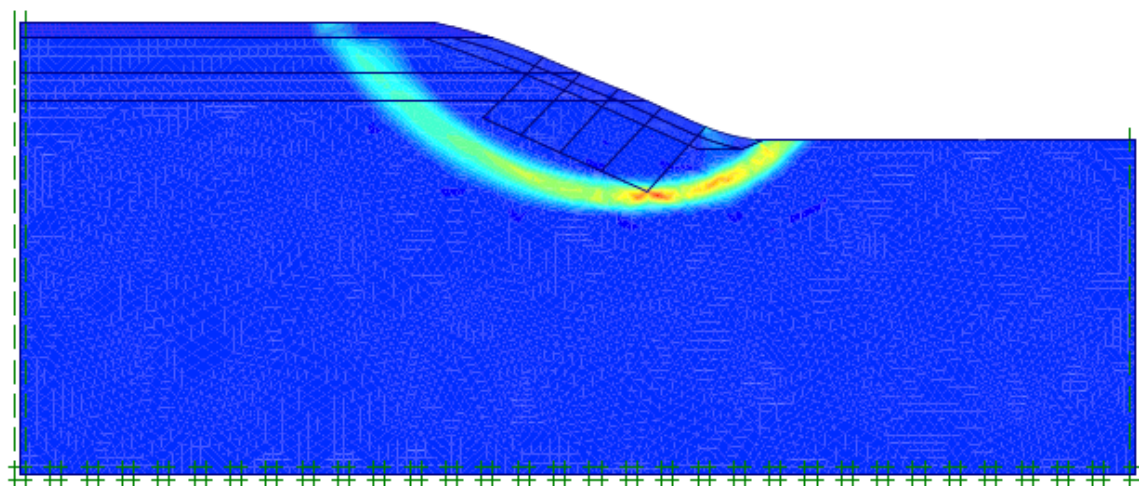


Obrázek 41 Síť posunů u prohřebíkováného svahu, Zdroj: vlastní



Obrázek 42 Čerpání smykové únosnosti u prohřebikovaného svahu, Zdroj: vlastní

Ve druhé fázi byl použit výpočet ϕ/c reduction, vykreslení vypočtené kritické smykové plochy je na obrázku 43. Z toho je patrné, že se kritická smyková plocha rozvinula přes celý svah a stupeň stability byl vypočten jako 1,97.



Obrázek 43 Kritická smyková plocha u prohřebikovaného svahu, Zdroj: vlastní

6 Porovnání jednotlivých sanačních variant

Pro srovnání metod autor vybral několik kritérií a bodově ohodnotil všech 6 sanačních variant. Bodovací škál byla nastavena od 1 do 6 bodů, čím více bodů metoda dostala, tím je pro dané kritérium vhodnější. Vybraná kritéria jsou zvýšení stupně stability, technologická náročnost na provedení způsobu sanace, rychlost provedení, změna tvaru smykové plochy, životnost konstrukce, vzhled a pravděpodobná finanční náročnost. Při posuzování finanční náročnosti bylo přihlédnuto i k nutnosti záboru při využití změny sklonu svahu. Srovnání všech variant je znázorněno v tabulce 9.

Tabulka 9 Srovnání sanačních variant, Zdroj: vlastní

Hodnocené kritérium	Povrchové odvodnění	Částečná změna tvaru svahu	Celková změna sklonu svahu	Přítěžovací lavice	Gabionová stěna	Hřebíkování
Zvýšení stupně stability	2	5	6	4	1	3
Změna tvaru smykové plochy	3	5	6	1	4	2
Technologická náročnost provedení sanace	6	5	4	3	1	2
Rychlost provedení sanace	6	5	4	3	1	2
Životnost konstrukce	4	5	6	2	1	3
Vzhled	6	4	3	1	2	5
Finanční náročnost	6	3	2	5	1	4
Celkem bodů	33	32	31	19	11	21

Jelikož všechny sanační metody mají stupeň stability větší, než je dříve používanou normou požadovaný, je tedy možné použít jakoukoliv variantu. Požadovaný stupeň stability byl $F=1,3$ z hlediska krátkodobé stability a $F=1,5$ z hlediska dlouhodobé stability. Z provedeného srovnání nejlépe vychází sanační varianta povrchového odvodnění. Jedná se o variantu, která je nejlevnější a zároveň nejrychlejší. Také poskytuje dostatečnou stabilitu, její provedení je tedy více než vhodné.

6.1 Kontrolní sledování

Jelikož je vypočítaná hodnota stupně stability závislá na přesnosti vstupních dat, je vhodné po provedení zvoleného způsobu sanace monitorovat chování svahu. Toto kontrolní sledování má za cíl sledovat a odhadnout další chování horninového masívu v čase. Dále je vhodné stanovení varovných stavů a opatření pokud je varovných stavů dosaženo.

6.1.1 Dělení činností monitoringu ve vztahu k inverzní analýze

- Technická definice problému ve vztahu k určení geotechnických, tektonických a strukturálních vlastností horninového prostředí, volba měřících zařízení a jejich umístění.
- Stanovení cílů monitoringu, čemuž odpovídá rozbor problému z hlediska ekonomického a stanovení přijatelných rizik. Stanovení varovných stavů a postupů při jejich dosažení.
- Určení veličin, které se budou sledovat a měřit, určení přístrojů pro sledování, míst ve kterých bude měření prováděno a jeho četnost.
- Samotný monitoring, který spočívá ve vlastním pravidelném měření veličin a jejich zpracovávání.
- Interpretace, srovnání vypočteného chování masívu se skutečným. Postupné zpřesňování geomechanického modelu pomocí inverzní analýzy.

V dostatečném předstihu před samotným započítáním prací, je nutné určit přirozené chování masívu v originálním stavu, určit jeho očekávané chování a stanovit geotechnický model prostředí.

6.2 Stručný přehled měřicí techniky

Při měření daných veličin může být využito měření přímé, nebo nepřímé. U přímého měření jsou veličiny měřeny a odečítány přímo. Jedná se o většinou o měřidla mechanická, optická, nebo pneumatická. Jsou používány pro měření délkových změn, nebo k přímému měření tlaku. Nepřímé metody měření využívají k měření různých čidel. Jedná se o čidla indukční, strunová, odporová a křemíková. Měřicí techniky a zařízení uvedené v další části nejsou kompletním výčtem, pouze dávají přehled o možnosti použití některých přístrojů.

6.2.1 Měření sil

Pro měření sil se využívají třmeny a siloměry. Měření sil pomocí třmenů spočívá v měření přetvoření ocelového třmenu v závislosti na vyvozeném tlaku. Toto přetvoření je odečítané z číselníkového úchylkoměru. Při znalosti závislosti mezi přetvořením a tlakem, se stanoví působící síla.

Další způsob měření sil je pomocí siloměrů. Ty jsou stejně jako třmeny vstaveny působení zjišťovaného tlaku a měří se přetvoření těla siloměru. Toto přetvoření je měřeno buď mechanicky, nebo pomocí tenzometrů. Dále je možno použít siloměru na hydraulickém principu. U tohoto siloměru sledujeme změnu tlaku hydraulického oleje uvnitř siloměru.

6.2.2 Měření napětí v hornině

Při tomto měření je měřeno napětí buďto přímo v masívu či zemní konstrukci, nebo na rozhraní horniny s konstrukcí a měřicí aparatura může být též osazena do stavební konstrukce. Napětí, které je měřeno, je totálního charakteru. Měření je uskutečněno buď přímým měřením pomocí tlakových podušek, nebo nepřímo kdy je měřeno přetvoření a napětí je dopočítáváno ze znalosti přetvárných charakteristik materiálu měřidla.

6.2.3 Měření pórových tlaků vody

K měření pórových tlaků vody a vztlaku se využívají otevřené, nebo uzavřené piezometry. Uzavřené piezometry se též nazývají měřidla pórových tlaků. Měřidla pórových tlaků jsou na rozdíl od otevřených piezometrů utěsněny v zemině a zaznamenávají pórový tlak v požadovaném místě. Oproti tomu otevřené piezometry detekují volnou hladinu při spouštění měřidla do vrtu.

Při sledování hladiny podzemní vody jsou využívány sondy s různou indikací kontaktu s vodní hladinou a je možné využít otevřené piezometry. Omezením u tohoto systému je nemožnost sledování několika hladin podzemní vody, je možné zaznamenat pouze hladinu zjištěnou jako první. Otevřené piezometry je vhodné aplikovat v propustných zeminách. Příkladem takového piezometru je Casagrandeho piezometr.

Při využití uzavřeného piezometru se piezometr vkládá do vrtu. Vrt je v okolí snímače vyplněn zásypem a následně je utěsněn nad měřidlem. Takto je možné sledovat pórový tlak v daném místě. Tyto piezometry pracují na pneumatickém, nebo elektrickém principu.

6.2.4 Měření posuvů na povrchu hornin a objektů

- Geodetické metody
- Přímé měření posunů
- Hydrostatická nivelace

„Geodetické metody jsou nejběžnějším a nejpropracovanějším způsobem, jak lze sledovat polohové změny stabilizovaných bodů“ [7]. Nejběžnějšími způsoby využívanými při kontrolním sledování v geotechnice je nivelace, trigonometrické měření, měření totálními automatickými optickými stanicemi, délková měření elektronickými distančními přístroji a fotogrammetrie. Zmíněné metody je možno doplnit jednoduššími postupy s využitím základních geodetických přístrojů.

„Přímé měření posuvů se používá výhradně ke sledování rozevírajících se trhlin, puklin a při sledování posuvů v odlučných tahových zónách sesuvů“ [7]. V případě aktivnějších posuvů menších rozměrů je možno použít jednoduchá měření například metrem, pásmem, či posuvným měřidlem. Pokud jsou větší nároky na přesnost měření je nutné užití sofistikovanějších prostředků pro měření posunů.

Hydrostatická nivelace je metoda umožňující měřit svislé posuny na několika místech současně. Je založena na principu spojitých nádob. Nádoby jsou umístěny na klesajícím terénu, nebo konstrukci a je v nich udržována hladina ve stejné výšce. Měří se změna tlaku v měřené nádobě vůči tlaku v referenční nádobě. Ta je umístěna na stabilním místě.

6.2.5 Měření přetváření uvnitř horninového masívu a ve vrtech

- Tyčové extenzometry
- Magnetické extenzometry
- Křehké vodiče
- Přesná inklinometrie

Princip měření tyčovými extenzometry je založen na pevné fixaci kořene extenzometru ve vrtu a vyvedení tyče do zhlaví vrtu. Posuv povrchu masívu vůči kořenu je pak různými způsoby měřen ve zhlaví vrtu. Při použití tyčových extenzometrů lze osadit více tyčí do jednoho vrtu a měřit tak posuny v různých hloubkách. V těchto případech není kořen zafixován do kořene vrtu, ale ve výšce, ve které chceme posuny měřit. Při instalaci více tyčí do vrtu lze přibližně lokalizovat smykovou plochu.

Při použití magnetických extenzometrů jsou do stěn vrtu v různých úrovních instalovány magnetické kroužky. Měření je pak realizováno pomocí spouštění elektrického čidla do vrtu, které reaguje na magnetické pole kroužku. Měří se vzdálenost mezi zhlavím vrtu a zjištěným magnetickým polem kroužku. Při tomto měření je možno osadit vrt více magnetickými kroužky a sledovat tak pohyb vrtu ve více úrovních.

Měřením křehkými vodiči lze lokalizovat smykovou plochu. Princip metody však neumožňuje sledovat sesouvání podél smykové plochy v čase. Křehký vodič je pás osazený několika tenkými drátky o různé délce s nízkou průtažností. Pás je vložen do vrtu a zalit cementovou zálivkou, při sesouvání se pak zálivka a v ní osazený vodič poruší. Lokalizace smykové plochy se pak provádí elektrickým proměřením drátků. Přesnost lokalizace smykové plochy je závislá, na rozdílech v délkách jednotlivých drátků. Případné smykové plochy, které se nacházejí hlouběji pod zjištěnou smykovou plochou již nelze lokalizovat.

Pomocí přesné inklinometrie se určují vodorovné posuvy v horninovém masívu. U této metody se do zájmových vrtů osadí pažnice s vodičími drážkami. Na dno vrtu je spuštěna sonda a při jejím vytahování se měří její náklon. Vytahování sondy je realizováno po úsecích odpovídající délce sondy. Ze znalosti náklonu sondy a délky vytažení je pak dopočítáno vodorovné posunutí vrtu. Tímto způsobem lze lokalizovat smykovou plochu, nebo posuvy, které jsou pro danou konstrukci klíčové. Při opakovaném měření, je možné určit rychlost těchto posunů.

6.2.6 Měření geoakustických emisí

„Přetváření horninového masívu ze skalních hornin vede obvykle k místnímu soustředění napětí. To způsobuje mikrotrhliny, které jsou doprovázeny zvukovými emisemi. Měření geoakustických emisí spočívá v zaznamenávání jednotlivých impulzů a z hodnocení změn jejich četnosti za jednotku času“ [7]. Zvukové emise se zaznamenávají pomocí geofonů a následně vyhodnocují. Měřením geoakustických emisí lze zhruba predikovat místa vzniku smykových ploch, nebo místa porušení horniny.

6.3 Návrh kontrolního sledování

Autor práce navrhuje realizovat způsob kontrolního sledování na posuzovaném odřezu pomocí geodetických metod, aplikací křehkých vodičů a piezometrů. Díky křehkým vodičům je možné kontrolovat stabilitu odřezu jednoduchým proměřením obvodů. Tato metoda poskytuje relativně rychlé vyhodnocení, zda je sesuv stabilní. Další výhodou je, že je možno tuto kontrolu cyklicky opakovat bez větších časových nároků.

Pro přesnější informace, zda nedochází k menším posunům, které nevyvolají přerušení obvodů u metody křehkých vodičů, je možno aplikovat geodetické měření. Svah by byl v tomto případě osazen pevně zafixovanými body a z určeného stabilního stanoviště by tyto body byly přeměřovány.

Jelikož navrhované sanační řešení uvažuje s odvodněním svahu, je vhodné použít piezometry. Pomocí piezometrů je možné monitorovat pórové tlaky, které vyjadřují míru účinnosti odvodnění. Měření by bylo realizováno pomocí uzavřených piezometrů vložených do vrtů ve svahu.

7 Závěr

V první části práce byly geologické a hydrogeologické poměry na posuzované lokalitě zkoumány pomocí mapy regionální geologie, mapy sesuvných oblastí a inženýrsko-geologického průzkumu poskytnutého státní příspěvkovou organizací Ředitelství silnic a dálnic ČR. Výstupem tohoto zkoumání je geologický model podloží a znalost hydrogeologických poměrů na posuzované lokalitě.

Výsledky geologického a hydrogeologického průzkumu byly aplikovány při tvorbě modelu sesuvného území. Dále autor zaměřil sesuvné území, což umožnilo geometricky doplnit model o tvar odřezu a lokalizaci odtrhové plochy. Takto upravený model byl analyzován pomocí výpočtového software. Výsledky analýzy byly použity pro zpřesnění modelu s využitím inverzní analýzy. Model byl následně konfrontován s reálným způsobem sesouvání odřezu.

Na upravený model byly aplikovány sanační opatření se zřetelem na změnu stupně stability a průběhu kritické smykové plochy. Modelovány byly varianty povrchového odvodnění, geometrické změny tvaru svahu, gabionová stěna a stabilizace svahu prohrébíkováním.

Výsledky sanačních metod byly následně porovnány na základě několika kritérií a bylo vybráno nejvhodnější řešení sanace. Stupeň stability všech sanačních opatření převyšoval hodnotu požadovanou dříve používanou normou. Z výsledků porovnání byla vybrána jako nejvhodnější varianta povrchové odvodnění.

Dále byl navržen způsob kontrolního sledování pro včasné zjištění jakéhokoliv projevu další nestability. Navržené metody kontrolního sledování byla aplikace křehkých vodičů a geodetické měření. Pokud by kontrolní sledování odhalilo svahové pohyby, je navrženou alternativou sanace celkovou změnou sklonu svahu.

Práce splnila všechny požadavky obsažené v zadání.

8 Seznam literatury

Knižní zdroje

[1] WEIGLOVÁ, Kamila. *Mechanika zemin*. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 186 s. ISBN 80-7204-507-5.

[2] ŠIMEK, Jiří; Ján JESENÁK, Jaroslav EICHLER a Ivan VANÍČEK. *Mechanika zemin*. 1. vydání. Praha : SNTL - nakladatelství technické literatury, 1990. 388 s. ISBN 80-03-00428-4.

[3] KOŘÍNEK, Robert a Josef ALDORF. *Geotechnický monitoring*. 1. vydání. Ostrava : Vysoká škola báňská v Ostravě, 1994. 96 s. ISBN 80-7078-247-1.

[5] ZÁRUBA, Quido a Vojtěch MENCL. *Sesuvy a zabezpečování svahů*. 2. Vydání. Praha: nakladatelství Československé akademie věd, 1987. 340 s. ISBN 21-033-87

[6] *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské--Technické univerzity Ostrava. Transactions of the VŠB--Technical University of Ostrava. Vysoká škola báňská--Technická univerzita Ostrava. Řada stavební = Civil engineering series*. ISBN 1213-1962.

[7] ROZSYPAL, Alexandr. *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*. 1. Vydání. Bratislava : Vydavateľ'stvo Jaga group, 2001. 198 s. ISBN 80-88905-44-3.

BELL, F. *Engineering geology and geotechnics*. Boston: Newnes-Butterworths, 1980, 497 p. ISBN 04-080-0355-3.

TURČEK, Peter. *Zakladanie stavieb*. 2. rozš. a dopl. vyd. Bratislava: Jaga group, 2004, 359 s. ISBN 80-889-0599-0.

Elektronické zdroje

[4] HRUBEŠOVÁ, Eva, *Metody a zásady vyhodnocování monitorovacích měření, inverzní analýza* [online]. 8.1.2007 [cit. 20. dubna 2010]. Dostupné z <http://fast10.vsb.cz/hrubesova/mon15.htm>

Mapy.cz. Mapy.cz [online]. 2011 [cit. 2012-11-23]. Dostupné z:
<http://www.mapy.cz/#x=18.149798&y=49.638177&z=12>

Geologická mapa 1:50 000. Česká geologická služba [online]. 2000 [cit. 2012-11-23].
Dostupné z:
http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=482829&x=1121773&s=1

ŘÍMSKÝ, Stanislav. *Stanovení parametrů smykové pevnosti zemin na smykové ploše sesuvu svahu s využitím metod mezní rovnováhy* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2012-11-23]. Dostupné z: <http://dspace.vsb.cz/handle/10084/81621>. Bakalářská práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství. Vedoucí práce doc. RNDr. Hruběšová Eva, Ph.D.

Česká geologická služba GEOFOND [online]. © 2002-2012 [cit. 2012-11-23]. Dostupné z:
http://www.geofond.cz/mapsphere/Map.aspx?WIDTH=560&BBOX=-487469;-1125858;-479116;-1119892&M_Servers=map.geofond.cz|map.geofond.cz|map.geofond.cz&M_Site=geofond&HEIGHT=400&M_Services=geofond_sesuvy_sde|geofond_sprava_csu_sde|geofond_b_auto_sde

Jiné zdroje

9 Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 Lokalizace sesuvu, Zdroj: mapy.cz</i>	11
<i>Obrázek 2 Sesuv odřezu, Zdroj: vlastní</i>	11
<i>Obrázek 3 Mapa regionální geologie, Zdroj Česká geologická služba</i>	12
<i>Obrázek 4 Mapa sesuvných oblastí, Zdroj: Česká geologická služba GEOFOND</i>	13
<i>Obrázek 5 Mapa prozkoumanosti, Zdroj: vlastní</i>	17
<i>Obrázek 6 Mapa vrtů s vyznačením přítomnosti podzemní vody, Zdroj: vlastní</i>	19
<i>Obrázek 7 Rozklad sil na rovinné smykové ploše, Zdroj: [1]</i>	22
<i>Obrázek 8 Síly na kruhové smykové ploše, Zdroj: [2]</i>	22
<i>Obrázek 9 Řezy svahem, Zdroj: vlastní</i>	24
<i>Obrázek 10 Fotografie z první prohlídky, Zdroj:vlastní</i>	24
<i>Obrázek 11 Základní model, Zdroj: vlastní</i>	25
<i>Obrázek 12 Deformovaná síť posunů, Zdroj: vlastní</i>	26
<i>Obrázek 13 Čerpání smykové pevnosti, Zdroj: vlastní</i>	27
<i>Obrázek 14 Kritická smyková plocha, Zdroj: vlastní</i>	27
<i>Obrázek 15 Upravená geometrie, Zdroj: vlastní</i>	27
<i>Obrázek 16 Princip inverzní analýzy, Zdroj: [3], vlastní zpracování</i>	29
<i>Obrázek 17 Grafické znázornění vrstev, Zdroj: Vlastní</i>	31
<i>Obrázek 18 Geometrie a průběh smykové plochy při výpočtu pomocí GEO 5, Zdroj: vlastní</i>	33
<i>Obrázek 19 Průběh smykové plochy, Zdroj: vlastní</i>	34
<i>Obrázek 20 Čerpání smykové únosnosti, Zdroj: vlastní</i>	34
<i>Obrázek 21 Síť posunů při aplikaci povrchového odvodnění, Zdroj: vlastní</i>	42
<i>Obrázek 22 Čerpání smykové pevnosti při aplikaci povrchového odvodnění, Zdroj: vlastní</i>	42
<i>Obrázek 23 Kritická smyková plocha při aplikaci povrchového odvodnění, Zdroj: vlastní</i>	43
<i>Obrázek 24 Změna tvaru svahu, Zdroj: vlastní</i>	44
<i>Obrázek 25 Síť posunů při aplikaci částečné změny geometrie, Zdroj: vlastní</i>	44
<i>Obrázek 26 Čerpání smykové pevnosti při aplikaci částečné změny geometrie, Zdroj: vlastní</i>	45
<i>Obrázek 27 Kritická smyková plocha při aplikaci částečné změny geometrie, Zdroj: vlastní</i>	45
<i>Obrázek 28 Celková změna tvaru svahu, Zdroj: vlastní</i>	46
<i>Obrázek 29 Síť posunů při celkové změně sklonu svahu, Zdroj: vlastní</i>	46
<i>Obrázek 30 Čerpání smykové pevnosti při celkové změně sklonu svahu, Zdroj: vlastní</i>	47
<i>Obrázek 31 Zobrazení smykové plochy při celkové změně sklonu svahu, Zdroj: vlastní</i>	47

<i>Obrázek 32 Geometrie přítěžovací lavice, Zdroj: vlastní</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 33 Síť posunů při aplikaci přítěžovací lavice, Zdroj: vlastní</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 34 Čerpání smykové pevnosti posunů při aplikaci přítěžovací lavice, Zdroj: vlastní.....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 35 Tvar kritické smykové plochy při aplikaci přítěžovací lavice, Zdroj: vlastní.....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 36 Geometrie svahu s gabionovou zdí, Zdroj: vlastní</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 37 Síť posunů při použití gabionové stěny, Zdroj: vlastní</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 38 Čerpání smykové únosnosti při použití gabionové stěny, Zdroj: vlastní</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 39 Zobrazení smykové plochy při použití gabionové zdi, Zdroj: vlastní</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 40 Geometrie prohřebíkováného svahu, Zdroj: vlastní.....</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 41 Síť posunů u prohřebíkováného svahu, Zdroj: vlastní.....</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 42 Čerpání smykové únosnosti u prohřebíkováného svahu, Zdroj: vlastní.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 43 Kritická smyková plocha u prohřebíkováného svahu, Zdroj: vlastní</i>	<i>55</i>

10 Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Legenda k mapě regionální geologie, Zdroj: Česká geologická služba (vlastní zpracování)</i>	12
<i>Tabulka 2 Geologická skladba, Zdroj:vlastní</i>	18
<i>Tabulka 3 Základní parametry zemin, Zdroj: vlastní</i>	26
<i>Tabulka 4 Parametry zemin stanovené inverzní analýzou, Zdroj:vlastní</i>	32
<i>Tabulka 5 Parametry hornin pro povrchové odvodnění, Zdroj: vlastní</i>	41
<i>Tabulka 6 Parametry štěrku pro přítěžovací lavici, Zdroj: Vlastní</i>	48
<i>Tabulka 7 Materiál gabionové zdi, Zdroj: vlastní</i>	51
<i>Tabulka 8 Přepočítaná soudržnost prohřebikovaných zemin, Zdroj: vlastní</i>	53
<i>Tabulka 9 Srovnání sanačních variant, Zdroj: vlastní</i>	56

11 Seznam vzorců

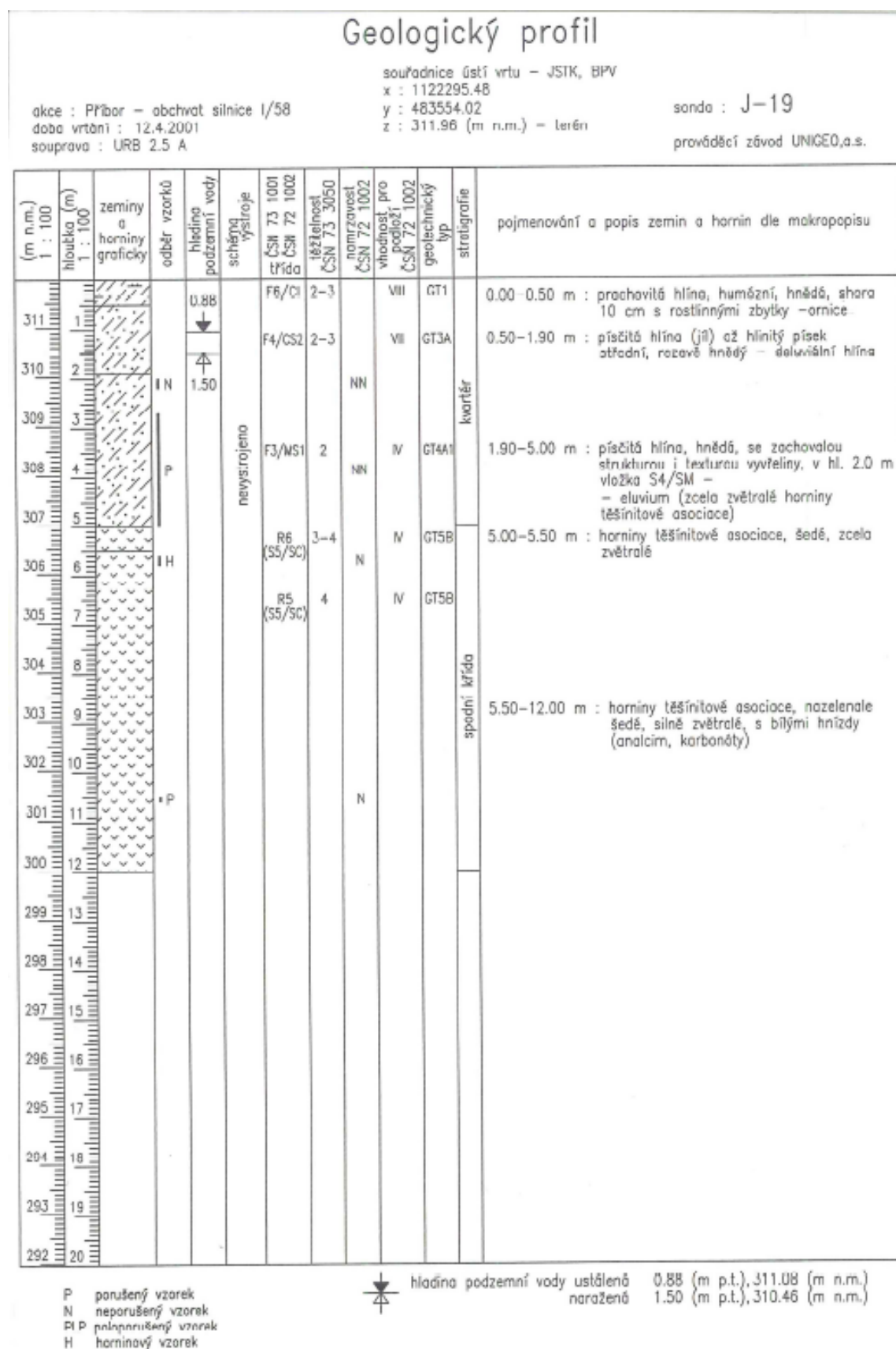
<i>Vzorec 1 Rovnice pro výpočet stupně stability</i>	21
<i>Vzorec 2 Rovnice pro výpočet nárůstu soudržnosti</i>	52

12 Seznam příloh

Příloha 1-záznamy vrtání a provádění penetračních sond

Příloha 2-Geologické řezy

Příloha 1-záznamy vrtání a provádění penetračních sond



Geologický profil

souřadnice ústí vrtu – JSTK, BPV

x : 1122220.89

y : 483574.86

z : 308.66 (m n.m.) – terén

sonda : J-21

prováděcí závod UNIGEO,a.s.

akce : Příbor – obchvat silnice I/58

dobu vrtání : 12.4.2001

souprava : URB 2.5A

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzem. vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžitelnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemín a hornin dle makropopisu
308	1			0.10		F6/Ci	2-3		VIII	GT1	kvartér	0.00–0.50 m : prachovitá hlína, humózní, hnědá, shora 10.0 cm s rostlinnými zbytky – ornice
307	2		PLP	0.80		F6/Ci	3	NN	VIII	GT3C		0.50–1.70 m : jílovitá hlína, hnědožlutá, rezavě a šedě smouhovaná, pevná, prům. PEN 250 kPa – deluviální hlína
306	3							NN			svrchní křída	
305	4											
304	5											
303	6											
302	7											
301	8											
300	9											
299	10											
298	11											
297	12											
296	13											
295	14											
294	15											
293	16											
292	17											
291	18											
290	19											
289	20											

TV technologický vzorek
N neporušený vzorek
PLP poloporušený vzorek
H horninový vzorek



hladina podzemní vody ustálená 0.10 (m p.t.), 308.56 (m n.m.)
naražená 0.80 (m p.t.), 307.86 (m n.m.)

Geologický profil

souřadnice ústí vrtu - JSTK, BPV

x : 1122345.76

y : 483529.48

z : 313.84 (m n.m.) - terén

sonda : J-23

akce : Příbor - obchvat silnice I/58

dobu vrtání : 10.4.2001

souprava : H 50

prováděcí závod UNIGEO,a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžitelost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemín a hornin dle makropopisu
313	1		P			F4/CS1	3		V	GT1	kvartér	0.00-0.40 m : písčitá hlína, humózní, ornice, tmavě hnědá, tuhá až pevná, prům. PEN 200 kPa, drobná - ornice
312	2					S4/SM	3	N	III	GT4A2		0.40-2.30 m : písek hlinitý, šedožluto hnědý, na bázi 10.0 cm zelenošedý, místy s pečkami zcela zvětralé horniny těšínitové asociace (rezavě hnědé, skvrnitě) - eluvium (zcela zvětralé horniny těšínitové asociace)
311	3		H									
310	4											
309	5											
308	6											
307	7											
306	8		H									
305	9											
304	10											
303	11											
302	12											
301	13											
300	14											
299	15											
298	16											
297	17											
296	18											
295	19											
294	20											

Hladina podzemní vody nebyla zastižena

TV technologický vzorek
N neporušený vzorek
P poloporušený vzorek
H horninový vzorek



hladina podzemní vody ustálená
narožená

Geologický profil

akce : Příbor – obchvat silnice I/58
 doba vrtání : 12.4.2001
 souprava : URB 2.5A

souřadnice ústí vrtu – JSTK, BPV
 x : 1122003.62
 y : 483690.80
 z : 294.33 (m n.m.) – terén

sonda : J-24

prováděcí závod UNIGEO, a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžitelnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemín a hornin dle makropopisu
294	1					F6/CI	2-3		VIII	GT1	kvartér	0.00–0.50 m : prachovitá hlína, humózní, tmavě hnědá, tuhá, PEN 180 kPa, řídké úlomky cihel – ornice
293	2					F6/CI	2-3		VIII	GT1		0.50–1.10 m : proměnlivě jílovitá hlína, humózní, tmavě hnědá, až černohnědá, u báze žlutohnědě smouhovaná, tuhá, PEN 200 kPa – ornice
292	3					F8/CH	3	VN	IX	GT3C		1.10–2.90 m : jílovitá hlína, žlutošedá, šedě smouhovaná, rezavě a tmavě hnědě skvrnitá, tuhá až pevná, prům. PEN 220 kPa, řídké s valounky velikosti 1.0–2.0 cm, nevápnitá, v hl. 2.60–2.70 m zastižena poloha šedé pevné hlíny, drobné – deluviální hlína
291	4										svrchní křída	2.90–8.00 m : jílovitý prachovec, rozložený, šedý, drobný, stupeň navětrání do hloubky klesá a roste pevnost, R6, v hl. 3.50–3.70 m R5, v hl. 3.20–3.30 m vložka pevné hlíny, vápnité
290	5											
289	6											
288	7											
287	8											
286	9											
285	10											
284	11											
283	12											
282	13											
281	14											
280	15											
279	16											
278	17											
277	18											
276	19											
275	20											

TV technologický vzorek
 N neporušený vzorek
 PLP poloporušený vzorek
 H horninový vzorek



hladina podzemní vody ustálená
 naražená

Geologický profil

souřadnice ústí vrtu - JSTK, BPV

x : 1122043.50

y : 483791.11

z : 297.31 (m n.m.) - terén

sonda : J-25

prováděcí závod UNIGEO,a.s.

okce : Přibor - obchvat silnice I/58

dobu vrtání : 12.4.2001

souprava : URB 2.5A

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžitelnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemin a hornin dle makropopisu
297	1			1.25		F6/Ci	2-3		VIII	GT1	kvartér	0.00-0.55 m : prachovitá hlína, humózní, tmavě hnědá, u báze žlutohnědě smouhovaná, tuhá, PEN 150-200 kPa - ornice
296	2		TV PLP			F6/Ci	3	NN	VIII	GT3C		0.55-2.70 m : jílovitá hlína, šedožlutá, šedě smouhovaná, rezavě a tmavě hnědě skvrnitá, vápnitá, tuhá - PEN 200 kPa až pevná - PEN 300 kPa - > 500 kPa, střídají se polohy tuhé a pevné hlíny s převahou poloh hlíny tuhé, od hl. 1.90 m pevně prům. PEN 300 kPa, místy až tvrdá PEN > 500 kPa - deluviální hlína
295	3							NN			svrchní křída	2.70-7.00 m : prachovec, silně zvětralý, rozpadavý, šedý, směrem do hloubky klesá stupeň navětrání a roste pevnost, vápnitý
294	4		P TV			R6 (F6/Ci)	3-4		VIII	GT7		
293	5							NN				
292	6											
291	7		H									
290	8											
289	9											
288	10											
287	11											
286	12											
285	13											
284	14											
283	15											
282	16											
281	17											
280	18											
279	19											
278	20											

IV technologický vzorek
N neporušený vzorek
PLP poloporušený vzorek
H horninový vzorek



hladina podzemní vody ustálená 1.25 (m p.l.), 296.06 (m n.m.)
naražená -

Geologický profil

souřadnice ústí vrtu – JSTK, BPV

x : 1122360.77

y : 483728.74

z : 308.77 (m n.m.) – terén

sonda : J-26

akce : Příbor – obchvat silnice I/58

doba vrtání : 12.4.2001

souprava : H 50

prováděcí závod UNIGEO,a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžitelnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemin a hornin dle makropopisu
308	1					F6/CI	2-3		VIII	GT1	kvartér	0.00–0.50 m : jílovitá hlína, plastická, humózní, tmavě hnědá, naředlá, pevná, prům. PEN 160 kPa, drobtovitá, s úlomky cihel – ornice
307	2					F6/CI	2-3		VIII	GT3A		0.50–0.90 m : jílovitá hlína, světle šedá, nahnědlá, rezavě smouhovaná, skvrnitá, místy až s hnízdy, pevná, prům. PEN 180 kPa, drobtovitá, na bázi ostrá hranice s těšinitovým eluvium – deluviální hlína
306	3					S4/SM	3	NN	IV	GT4A2		0.90–3.00 m : písek hlinitý, rezavě hnědý, s hojnou přítomností žilek kalcitu, s kalcitovými konkrecemi, s ojedinělými zrny křemene – eluvium (zcela zvětralé horniny těšinitové asociace)
305	4					S4/SM	3		IV	GT4A2		3.00–3.90 m : písek hlinitý, nazelenalý, smouhovitě rezavý, s karbonátovými konkrecemi – eluvium (zcela zvětralé horniny těšinitové asociace)
304	5					S4/SM	3	N	IV	GT4A2		3.90–5.00 m : písek hlinitý, zelenošedý, narezavělý, s drobnými rozpadavými úlomky zcela zvětralých hornin těšinitové asociace, s karbonátovými, kalcitickými konkrecemi, místy silně kaolinizované – eluvium (zcela zvětralé horniny těšinitové asociace)
303	6					R6 (S4/SM)	3-4		IV	GT5B		5.00–6.00 m : zcela zvětralé horniny těšinitové asociace, zelenošedé až namodralé, s karbonáty, lom nerovný, drobně úlomkovitý rozpad
302	7										spodní křída	
301	8											
300	9											
299	10											
298	11											
297	12											
296	13											
295	14											
294	15											
293	16											
292	17											
291	18											
290	19											
289	20											

TV technologický vzorek
N neporušený vzorek
PLP poloporušený vzorek
H horninový vzorek



hladina podzemní vody ustálená
naražená 3.00 (m p.t.), 305.77 (m n.m.)

Geologický profil

akce : Příbor - obchvat silnice I/58
doba vrtání : 9.4.2001
souprava : H 50

souřadnice ústí vrtu - JSTK, BPV
x : 1122262.19
y : 483782.43
z : 307.70 (m n.m.) - terén

sonda : J-27

prováděcí závod UNIGEO,a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžištnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemin a hornin dle makropopisu
307	1		I PLP			F6/CI	2-3		VIII	GT1	kvartér	0.00-0.10 m : hlína, s kořeny rostlin - ornice
306	2					F8/CV	3	VN	IX	GT3B		0.10-1.70 m : jílovitá hlína, šedohnědá, místy řídce žlutohnědě smouhovaná, sporadicky s valounky a úlomky o velikosti 5.0-20.0 mm, valounky tvoří zvětřalé pískovce a kalcitové výplně puklin, místy slabě vápnitá, tuhá - Pen 80-100 kPa - deluviální hlína
305	3		II N			F8/CV	3	VN	IX	GT3B		1.70-2.50 m : jílovitá hlína, zcela zvětřalé jílovce, šedohnědá, u stropu 20.0 cm rezavě žlutě skvrnitá, tuhá, PEN 100-200 kPa, vápnitá, místy náznaky lasturnatého lomu, pozvalný přechod do podloží - deluviální hlína
304	4				nevystrojeno	F8/CV	3		IX	GT4B		2.50-5.60 m : jíl, šedohnědý, pevný, prům. PEN 300 kPa, vápnitý, místy s úlomky puklinových kalcitových výplní, místy charakter zcela zvětřalého jílovce - eluvium (zcela zvětřalé jílovce těšínsko-hradištských vrstev)
303	5										spodní křída	5.60-8.00 m : jílovec, zcela zvětřalý, lze rozdrobit v prstech, některé polohy plastické, PEN místy 400 kPa - pevný, místy > 500 kPa - pevný
302	6											
301	7					R6 (F8/CH)	3		VIII	GT6		
300	8		I P					VN				
299	9											
298	10											
297	11											
296	12											
295	13											
294	14											
293	15											
292	16											
291	17											
290	18											
289	19											
288	20											

Hladina podzemní vody nebyla zastižena

IV technologický vzorek
N neporušený vzorek
PLP poloporušený vzorek
H horninový vzorek



hladina podzemní vody ustálená
narožená

Geologický profil

souřadnice ústí vrtu – JSTK, BPV

x : 1122050.26

y : 483510.65

z : 297.96 (m n.m.) – terén

sonda : J-28

prováděcí závod UNIGEO,a.s.

akce : Příbor – obchvat silnice I/58

dobu vrtání : 11.4.2001

souprava : URB 2.5A

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžištnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemin a hornin dle makropopisu
297	1		IPLP		nevystrojeno	F6/CI	2–3	NN	VIII	GT1	kvartér	0.00–0.70 m : prachovitá hlína, silně humózní, černo–hnědá, tuhá až pevná, PEN 220 kPa – ornice
296	2					F6/CI	3		VIII	GT3C		0.70–1.00 m : jílovitá hlína, žlutohnědá, hustě tmavě hnědě smouhovaná, tuhá, prům. PEN 180 kPa, nevápnitá, místy se zaválky nadložní hlíny – deluviální hlína
295	3					F4 CS2	3		VIII	GT4C		1.00–2.30 m : jílovitá hlína, místy písčitá, žlutohnědá až hnědá, řídké s příměsí valounků velikosti 2.0–10.0 mm, silně vápnitá, do hl. 2.00 m tuhá, prům. PEN 140 kPa – deluviální hlína
294	4						F6/CL		3–4	VII		GT7
293	5	P										3.50–6.00 m : prachovec, silně zvětralý, šedý, silně vápnitý, střídají se pevnější a rozpadavější polohy
292	6											
291	7											
290	8											
289	9											
288	10											
287	11											
286	12											
285	13											
284	14											
283	15											
282	16											
281	17											
280	18											
279	19											
278	20											

Hladina podzemní vody nebyla zastižena

Hladina podzemní vody nebyla zastižena

TV technologický vzorek
N neporušený vzorek
PLP poloporušený vzorek
P porušený vzorek



hladina podzemní vody ustálená
naražená

Geologický profil

akce : Příbor-obchvat, silnice I/58
 doba vrtání : 3. 10. 2002
 souprava : ADBS

souřadnice ústí vrtu - JSTK, BPV
 x : 1122227.23
 y : 484002.43
 z : 288.69 (m n.m.) - terén

sonda : J61

prováděcí závod UNIGEO,a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 třída	ČSN 72 1002	těžitelnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemín a hornin dle makropopisu
288	1		PP			F6CI	2		VN	VIII-X	-		0.00-0.30 m : jíl se střední plasticitou, hnědý, humózní (omice)
287	2					F8CV	2-3		VN	VIII-X	GT4a		0.30-2.40 m : jíl s velmi vysokou plasticitou, žlutohnědý, tuhý
286	3												
285	4												
284	5		P			F8CH	3-4		VN	VIII-X	GT4a		2.40-6.00 m : jíl s vysokou plasticitou, nahnědlé šedý, eluvium silně až zcela zvětralého jílovitého prachovce, s drobnými zmy vápence, pevný až tvrdý, vápnitý
283	6												
282	7												Hladina podzemní vody nebyla naražena
281	8												
280	9												
279	10												
278	11												
277	12												
276	13												
275	14												
274	15												
273	16												
272	17												
271	18												
270	19												
269	20												

PP poloporušený vzorek
 P porušený vzorek



hladina podzemní vody ustálená -
 naražená -

Geologický profil

akce : Příbor-obchvat, silnice I/58
 doba vrtání : 1. 10. 2002
 souprava : ADBS

souřadnice ústí vrtu - JSTK, BPV
 x : 1122268.73
 y : 483369.23
 z : 314.34 (m n.m.) - terén

sonda : J68

prováděcí závod UNIGEO, a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma vstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžitelnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemin a hornin dle makropopisu
314	1					F4CS2	2		VIII-X	-		0.00-0.30 m : písčitá hlína, hnědá, humózní(omice)
313	2		PP			F4CS2	2	NN	VIII-X	GT2b		0.30-2.00 m : písčitá hlína, nevýrazně světle hnědá, s úlomky vyvěřelé horniny těšinitové asociace max. vel. 0.5 cm (5 %)
312	3					S4SM	2-3	N-NN	III-V	GT4b		2.00-4.00 m : písek jílovitý, nazelenale hnědý, střední až hrubý, špatně vytříděný, středně ulehý,
311	4		P									
310	5					R4-R5	4-5	MN	III-V	GT5b		4.00-6.00 m : vyvěřelá hornina těšinitové asociace, zelená, mírně až silně zvětralá, s velmi nízkou pevností (R5-R6)
309	6		H									
308	7											
307	8											
306	9											
305	10											
304	11											
303	12											
302	13											
301	14											
300	15											
299	16											
298	17											
297	18											
296	19											
295	20											

H horninový vzorek
 PP poloporušený vzorek
 P porušený vzorek



hladina podzemní vody ustálená -
 naražená -

Geologický profil

akce : Příbor-obchvat, silnice I/58
doba vrtání : 12. 9. 2002
souprava : URB 2a

souřadnice ústí vrtu - JSTK, BPV
x : 1121950.68
y : 483673.44
z : 292.12 (m n.m.) - terén

sonda : J78

prováděcí závod UNIGEO, a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžištnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemín a hornin dle makropopisu
292												
291	1	I PP	I PR			F8CH	3	NN	VIII-X	GT4a		0.00-0.30 m : jíl s vysokou plasticitou, tmavě hnědý, humózní (ornice), tuhý
290	2					F8CH	3		VIII-X	GT4a		0.30-1.05 m : jíl s vysokou plasticitou, hnědý, humózní, tuhý
289	3											1.05-2.10 m : dtto, žlutošedý, rzivě smouhovaný, tuhý
288	4	I N				F8CH	3	NN-VN	VIII-X	GT4a		2.10-4.00 m : jíl s vysokou plasticitou, nažloutle šedý, na bázi pozvolný přechod v jíl zelený, tuhý
287	5											
286	6	I PR I N				F8CV	3-4	VN VN	IX-X	GT4a		4.00-7.00 m : jíl s velmi vysokou plasticitou, zelený, pevný v intervalu 4.80-5.00 m a 6.50-7.00 m nevýrazně písčité
285	7											
284	8	I PP						VN				
283	9											
282	10					F8CV	4		IX-X	GT4a		7.00-13.00 m : jíl s velmi vysokou plasticitou, zelený, pevný
281	11											
280	12	PP						NN				Hladina podzemní vody nebyla zastižena
279	13							NN				
278	14											
277	15											
276	16											
275	17											
274	18											
273	19											
	20											

PR vzorek pro stanovení propustnosti
N neporušený vzorek
PP poloporušený vzorek



hladina podzemní vody ustálená -
naražená -

Geologický profil

akce : Příbor-obchvat, silnice I/58
doba vrtání : 11. 9. 2002
souprava : URB 2a

souřadnice ústí vrtu - JSTK, BPV
x : 1121963.39
y : 483595.65
z : 294.31 (m n.m.) - terén

sonda : J80

prováděcí závod UNIGEO,a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 třída	ČSN 72 1002 těžitelnost	ČSN 73 3050 namrzavost	ČSN 72 1002 vhodnost pro podloží	ČSN 72 1002 geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemin a hornin dle makropopisu
294	1					F8CH	3		VIII-X	-		0.00-0.30 m : jíl s vysokou plasticitou, tmavě hnědý, humózní (ornice), tuhý
293	2					F8CV	3		IX-X	GT4a		0.30-2.00 m : jíl s velmi vysokou plasticitou, žlutohnědý, rezavě a hnědě smouhovaný, tuhý. V intervalu 1.30-1.40 m sporadické úlomky vápnitého pískovce max. vel 2.0 cm
292	3		I N					NN				
291	4		I PP			F8CV	3	VN	IX-X	GT4a		2.00-4.70 m : jíl s velmi vysokou plasticitou, naředle žlutý, tvrdý, vrstevnatě odlučný (eluvium zcela zvětralého jílovitého prachovce)
290	5				nevystrojeno							
289	6											
288	7		I PP			F8CV	3-4	VN	IX-X	GT4a		4.70-8.00 m : jíl s velmi vysokou plasticitou, naředle žlutý, tvrdý, vrstevnatě odlučný (eluvium silně až zcela zvětralého jílovitého prachovce - třinecké vrstvy ?)
287	8											
286	9											Hladina podzemní vody nebyla zastižena
285	10											
284	11											
283	12											
282	13											
281	14											
280	15											
279	16											
278	17											
277	18											
276	19											
275	20											

N neporušený vzorek
PP poloporušený vzorek



hladina podzemní vody ustálená -
naražená -

Geologický profil

akce : Příbor-obchvat, silnice I/58
 doba vrtní : 24. 9. 2002
 souprava : URB 2a

souřadnice ústí vrtu - JSTK, BPV
 x : 1122171.83
 y : 483776.97
 z : 304.52 (m n.m.) - terén
 z : 305.33 (m n.m.) - pažnice

sonda : **HV73**
 prováděcí závod UNIGEO, a.s.

(m n.m.) 1 : 100	hloubka (m) 1 : 100	zeminy a horniny graficky	odběr vzorků	hladina podzemní vody	schéma výstroje	ČSN 73 1001 ČSN 72 1002 třída	těžitelnost ČSN 73 3050	namrzavost ČSN 72 1002	vhodnost pro podloží ČSN 72 1002	geotechnický typ	stratigrafie	pojmenování a popis zemin a hornin dle makropopisu
304	1		I PP			F4CS2	2	NN	VII-IX	GT2b		0.00-2.00 m : písčité jíly tmavě hnědé, níže našedlé, vápnité, s ostrohrannými až polostrohrannými úlomky vápenců a vápnitých pískovců, max. vel. 10.0 cm, převážně 2.0 cm, tuhé
303	2			3.40								
302	3											
301	4											
300	5			4.50		G5GC	3-4	MN-N	II-IV	GT3b		2.00-8.00 m : štěrk jílovitý (eluvium těšínsko-hradištského souvrství vyvřelých hornin těšinitové asociace), hnědý až šedý, s úlomky silně zvětřelé vyvřelé horniny max. vel. 5.0 cm, převážně 2.0-3.0 cm (cca 60 %), špatně vytříděný
299	6				PVC Ø 110 mm							
298	7											
297	8											
296	9											
295	10					S5C, SC	3		III-V	GT4b		8.00-12.00 m : písek jílovitý (eluvium těšínsko-hradištského souvrství vyvřelých hornin těšinitové asociace - s extrémně nízkou pevností - R6), zelenošedý, střední, špatně vytříděný, s úlomky silně zvětřelé vyvřelé horniny těšinitové asociace, max. vel. 0.5 cm (cca 25%), ulehý
294	11							NN				
293	12		I P									
292	13											
291	14											
290	15											
289	16											
288	17											
287	18											
286	19											
285	20											

TM technologický modelový vzorek
 PP poloporušený vzorek
 P porušený vzorek



hladina podzemní vody ustálená
 naražená

3.40 (m p.t.), 301.12 (m n.m.)
 4.50 (m p.t.), 300.02 (m n.m.)

Výška ústí sondy :

Hladiňa podz. vody:

Příbor-silnice I/58

[illegible]


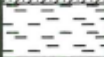





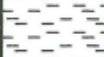



* * * Ing. Milan Matoušek - Brno * * *

Výška ústí sondy :

Hloubka podz. vody:

GEOTECHNICKÉ VYHODNOCENÍ OBJEKT: **P 76**

Přibor-silnice I/58

Hloubka (m)	přijatý geolog. profil (graficky)	Interpretovaný geologický a geotechnický popis z penetrace (složení a základní vlastnosti zákl. půd)	$E_{oed,p}$ (MPa)	úhel vnitř. tření ϕ' zemín efektivní (°)	tření ϕ_u totální (°)	totální kohese c_u (kPa)	obj. hmot. γ_n (g/cm ³)	Poisson. číslo μ (-)	Koeficient konsolidace c_v (cm/sec)
0,00		jílovitá hlína písčito, tuhá (F4), T3 $I_c=0,85$	5,8	-	0	64	1,85	0,36	-
0,8		jíl, slabě písčité, pevný (F6), T3 $I_c=1,0$	9,1	-	0	82	2,10	0,40	-
1,2		prachovitý jíl, místy písčité, tuhý (F6,F4), T3 $I_c=0,86$	5,1	-	0	69	2,10	0,40	-
2,2		jíl, pevný (F8), T3 $I_c=1,01$	10,8	-	4	81	2,05	0,41	-
2,6		jíl, místy slabě písčité, pevný - roz- ložený jílovec (F8), T4 $I_c=1,22$	21,0	-	13	99	2,10	0,40	-
3,8		jíl, pevný - rozložený jílovec (R6- F8), T4 $I_c=1,30$	26,6	-	14	156	2,10	0,38	-
5,4		jíl, slabě písčité, pevný - rozložený jílovec (R6-F8), T4 $I_c=1,28$	26,2	-	15	109	2,10	0,39	-
6,4		jílovec, silně zvětralý s velmi vel- kou hustotou diskontinuit (R5), T4	52,0	$\sigma_c = 1,90$ MPa	-	-	-	0,33	-
8,0		jílovec, silně zvětralý s velkou hust- otou diskontinuit (R5), T4	64,0	$\sigma_c = 2,5$ MPa	-	-	-	0,32	-
10,2		jílovec, zvětralý, místy navětralý se střední až velkou hustotou dis- kontinuit (R5,R4-40/60%), T5	98,0	$\sigma_c = 4,6$ MPa	-	-	-	0,27	-
12,0									

GEOTECHNICKÉ VYHODNOCENÍ OBJEKT: P 79 Přibor–silnice I/58

[illegible]

3.20 - 3.50 Stáří neznámé

žula skvrnitá slabě zvětralá šedozelená, geneze intruzivní

název vrtu : **V16**

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1121840.00

Y 483317.00

Z 296.00 N

hladina podzemní vody : S

provádějící organizace : VOJENSKÝ PROJEKTOVÝ ÚSTAV PRAHA

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

0.00 - 0.15 Kvartér

hlína humózní pevná hnědá

0.15 - 0.25 Kvartér

hlína slabě jílovitá pevná tuhá hnědá

0.25 - 0.90 Kvartér

jíl pevný světle hnědošedý

0.90 - 1.30 Kvartér

hlína slabě jílovitá pevná šedohnědá

1.30 - 2.00 Kvartér

hlína pevná tmavě šedá

přítomnost : břidlice v ostrohranných úlomcích drobnozrná

název vrtu : **V19**

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1122671.00

Y 483308.00

Z 305.00 N

hladina podzemní vody : S

provádějící organizace : VOJENSKÝ PROJEKTOVÝ ÚSTAV PRAHA

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

0.00 - 0.20 Kvartér

hlína humózní tvrdá tmavě hnědá

0.20 - 0.45 Kvartér

hlína jílovitá pevná tmavě hnědá

0.45 - 0.60 Kvartér

jíl pevný tuhý světle hnědošedý

0.60 - 1.60 Kvartér

jíl pevný tuhý světle šedohnědý

1.60 - 2.00 Kvartér

jíl pevný tmavě šedý

- 3.80 - 5.20 Kvartér
jíl slabě písčitý vápnitý tmavě hnědý
přítomnost : břidlice v ostrohranných úlomcích
5.20 - 5.80 Křída
břidlice jílovitá silně zvětralá vápnitá šedohnědá

název vrtu : **V 69**

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1122278.10

Y 484046.70

Z 286.40 Z

hladina podzemní vody : 6.00 N

provádějící organizace : IGHP N.P.ŽILINA

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

0.00 - 0.40 Kvartér - holocén

hlína humózní tmavě hnědá, geneze antropogenní

0.40 - 3.00 Kvartér

hlína jílovitá tvrdá šedohnědá

3.00 - 6.00 Paleogén

hlína jílovitá pevná tmavě hnědá, geneze eluviální

přítomnost : jílovec v ostrohranných úlomcích

název vrtu : **V 74**

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1122099.60

Y 483570.30

Z 299.80 Z

hladina podzemní vody : 0.70 U

provádějící organizace : IGHP N.P.ŽILINA

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

0.00 - 0.60 Kvartér - holocén

ornice

0.60 - 2.30 Paleogén

hlína jílovitá tuhá šedočerná, geneze eluviální

2.30 - 6.00 Paleogén

břidlice rozložená jílovitá v ostrohranných úlomcích max.velikost částic 1 cm

šedá, geneze sedimentární

přítomnost : hlína jílovitá pevná

název vrtu : V 75

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1122052.90

Y 483504.60

Z 298.60 Z

hladina podzemní vody : 1.30 U

provádějící organizace : IGHP N.P.ŽILINA

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

- 0.00 - 0.30 Kvartér - holocén
ornice
- 0.30 - 1.30 Kvartér
hlína jílovitá pevná hnědá
přítomnost : jíl
- 1.30 - 2.50 Paleogén
břidlice jílovitá rozložená vlhká, geneze sedimentární
- 2.50 - 8.00 Paleogén
břidlice jílovitá zvětralá pevná v ostrohranných úlomcích světle hnědá, geneze sedimentární

název vrtu : V 76

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1121996.20

Y 483413.70

Z 297.40 Z

hladina podzemní vody : 1.70 U

provádějící organizace : IGHP N.P.ŽILINA

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

- 0.00 - 0.80 Kvartér - holocén
hlína jílovitá humózní, geneze antropogenní
- 0.80 - 2.00 Kvartér
hlína jílovitá smouhovitá tuhá pevná žlutohnědá
- 2.00 - 4.60 Paleogén
jílovec rozložený pevný šedohnědý, geneze eluviální
přítomnost : hlína jílovitá
- 4.60 - 7.00 Paleogén
jílovec zvětralý v ostrohranných úlomcích, geneze sedimentární

název vrtu : V 77

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1121927.00

Y 483298.00

Z 297.70 Z

hladina podzemní vody : 1.80 U

provádějící organizace : IGHP N.P.ŽILINA

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

- 0.00 - 0.40 Kvartér - holocén
hlína slabě humózní hnědá, geneze antropogenní
- 0.40 - 2.70 Kvartér
hlína jílovitá smouhovitá pevná šedá
přítomnost : jílovec v ostrohranných úlomcích
- 2.70 - 6.00 Paleogén
jílovec rozložený
přítomnost : hlína jílovitá pevná žlutohnědá

název vrtu : **V 78**

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1121871.40

Y 483207.20

Z 296.20 Z

hladina podzemní vody : 1.00 U

provádějící organizace : IGHP N.P.ŽILINA

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

- 0.00 - 0.30 Kvartér - holocén
ornice suchá drobivá tmavě hnědá
- 0.30 - 1.80 Kvartér
hlína jílovitá tuhá pevná šedohnědá
- 1.80 - 4.70 Paleogén
hlína jílovitá pevná, geneze eluviální
přítomnost : jíl
- 4.70 - 6.00 Paleogén
jílovec zvětralý v ostrohranných úlomcích, geneze sedimentární

název vrtu : **V 504**

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1124219.50

Y 482370.90

Z 290.30 V

hladina podzemní vody : 1.00 U

provádějící organizace : GEOTEST,N.P. BRNO

rok ukončení vrtu : 1973

profil vrtu :

- 0.00 - 0.20 Kvartér
ornice hnědá, příměs : organický detrit
- 0.20 - 1.50 Kvartér
hlína jílovitá písčitá tuhá smouhovitá šedá
přítomnost : valouny max.velikost částic 1 dm opracované

název vrtu : V 324

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1122196.00

Y 484117.10

Z 284.60 V

hladina podzemní vody : 1.20 U

provádějící organizace : IGHP ŽILINA, ZÁVOD BRNO

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

0.00 - 0.60 Kvartér - holocén

hlína humózní tuhá černohnědá, geneze sedimentární

0.60 - 2.20 Kvartér

hlína jílovitá smouhovitá tuhá žlutohnědá, geneze glacifluviální

2.20 - 3.50 Paleogén - paleocén až paleogén - eocén

hlína jílovitá tuhá hnědá, geneze eluviální

3.50 - 6.00 Paleogén - paleocén až paleogén - eocén

jílovec rozložený pevný hnědý, geneze marinní

název vrtu : V 325

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

X 1122116.50

Y 483797.50

Z 302.90 V

hladina podzemní vody : S

provádějící organizace : IGHP ŽILINA, ZÁVOD BRNO

rok ukončení vrtu : 1967

profil vrtu :

0.00 - 0.20 Kvartér - holocén

hlína písčité humózní hnědá, geneze antropogenní

0.20 - 1.70 Kvartér

hlína písčité pevná světle hnědá, geneze glacifluviální

přítomnost : kameny max. velikost částic 2 dm vápencové

1.70 - 3.00 Paleogén - paleocén až paleogén - eocén

hlína jílovitá tuhá tmavě šedá, geneze eluviální

přítomnost : jílovec v ostrohranných úlomcích zvětřalý

3.00 - 10.00 Paleogén - paleocén až paleogén - eocén

jílovec rozložený tmavě šedý, geneze marinní

název vrtu : V 326

účel vrtu : I

souřadnice vrtu :

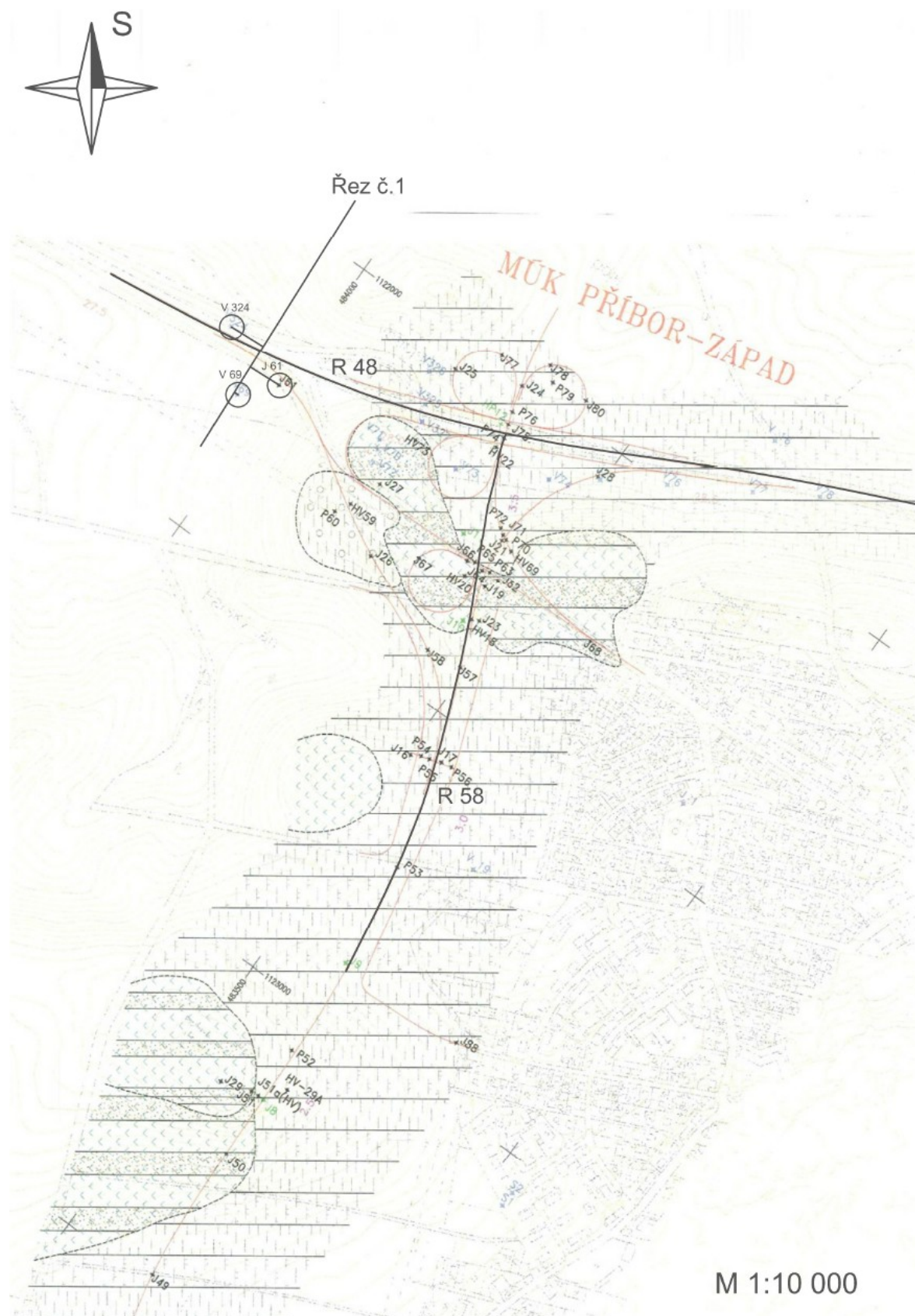
X 1122070.60

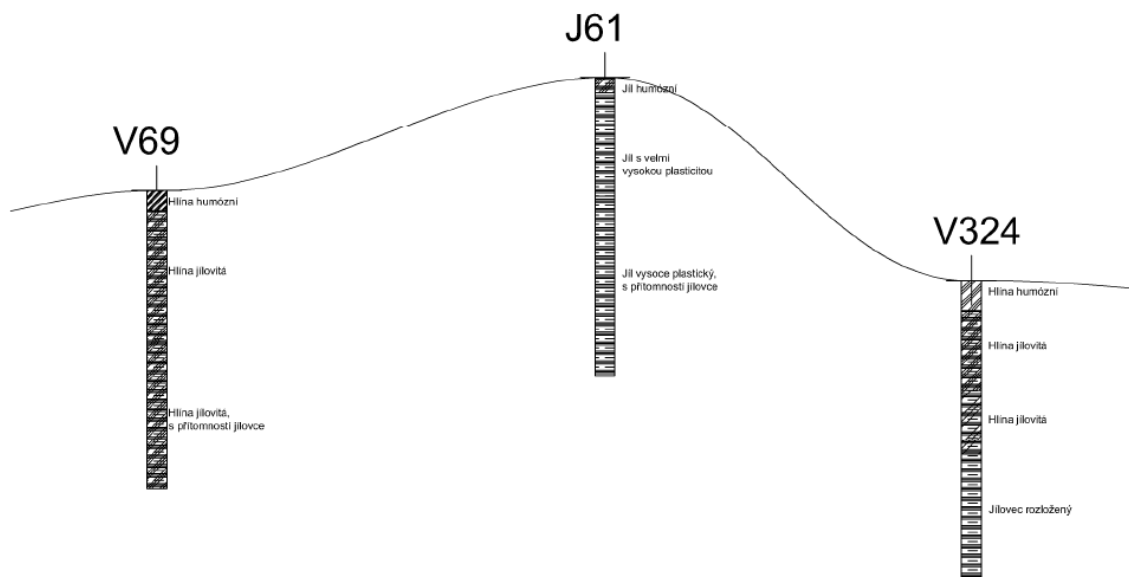
Y 483822.40

Z 298.00 V

hladina podzemní vody : S

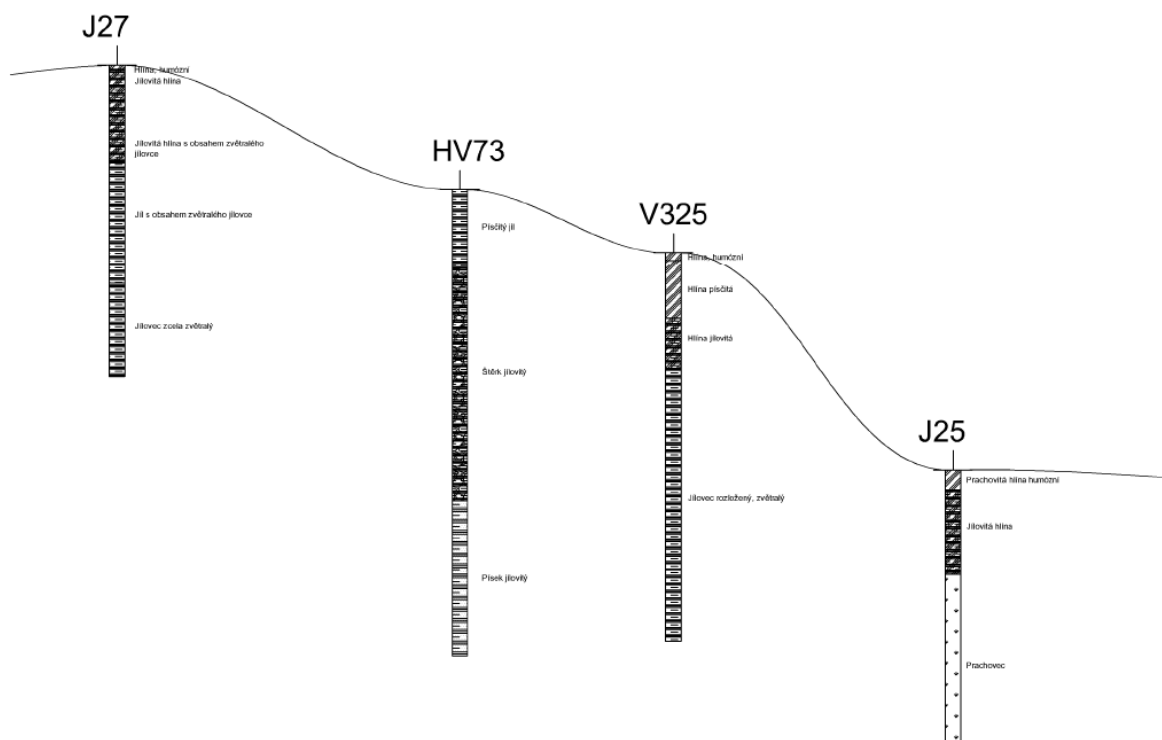
Řez č. 1



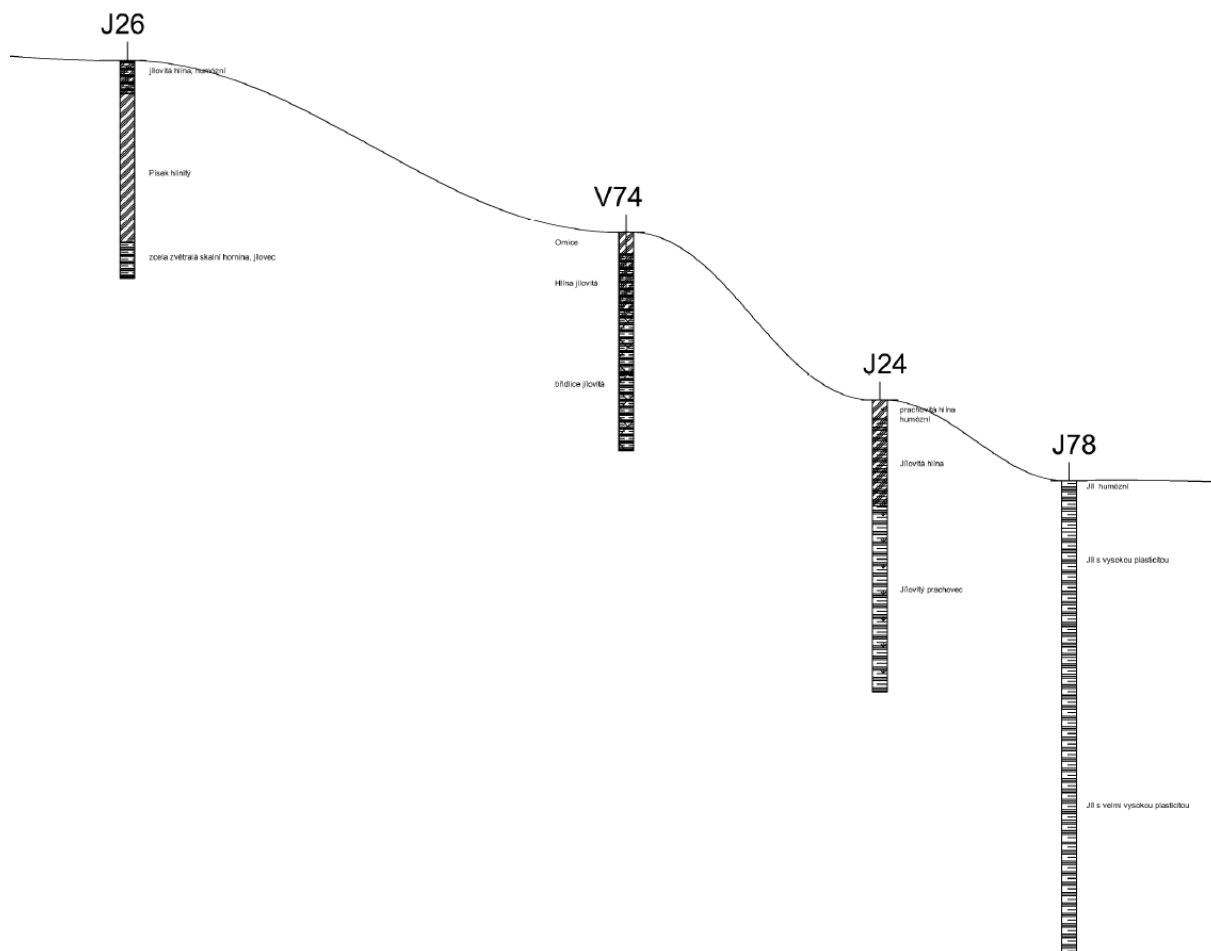


Řez č. 2



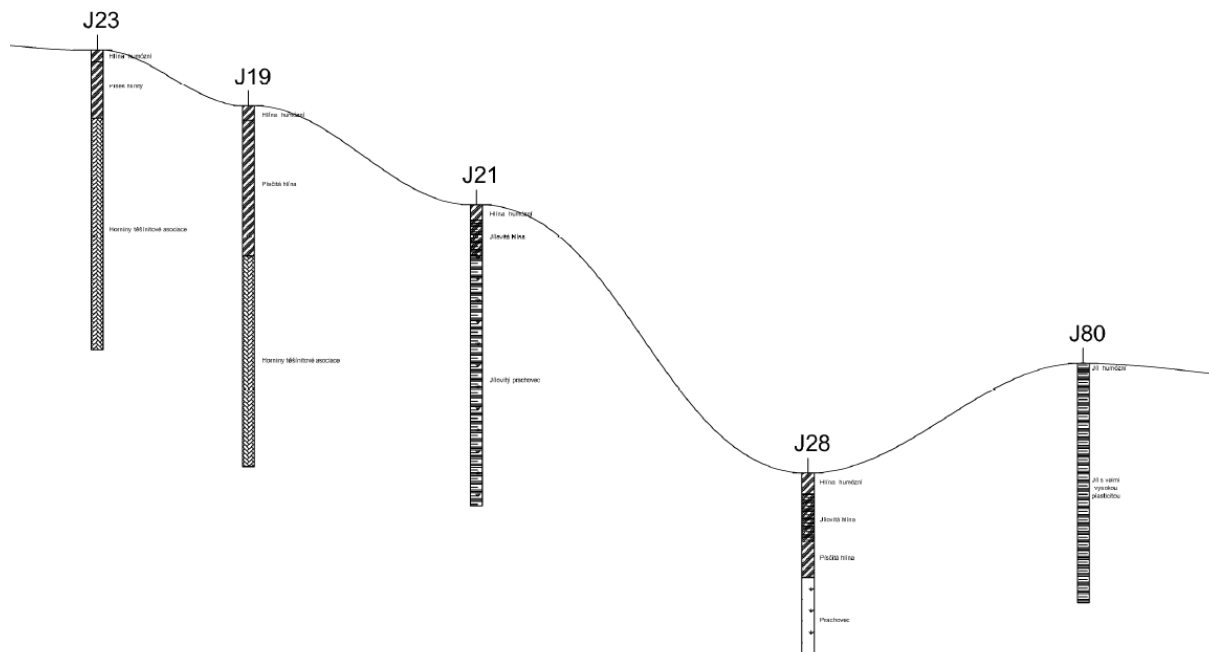






Řez č. 4





Řez č. 5

